

الأكاديمية العربية الدولية



الأكاديمية العربية الدولية
Arab International Academy

الأكاديمية العربية الدولية المقررات الجامعية

Ministry of high Education
and Scientific Research
Foundation of Technical
Education
Institute of Technical in Najaf

Communication- Dep

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
هيئة التعليم التقني
المعهد التقني في النجف الأشرف
قسم تقنيات الاتصالات

الحقيبة الدراسية لمادة
الالكترونيك
المرحلة الاولى

أعداد
المهندس حسن عبد الكاظم بجاي
Enghassan65@yahoo.com

2012 - 2011

أهداف المادة Performance Objectives

تعريف طالب المرحلة الاولى لقسم تقنيات الاتصالات بالمكونات الالكترونية المصنعة من اشباه الموصلات Semiconductors بأختلاف انواعها وتركيبها وخواصها وتطبيقاتها في الدوائر الالكترونية وتحليل الدوائر الالكترونية رياضيا وحساب المعاملات الخاصة بها .

كما يتم اعطاء الطالب فكرة عن الالكترونيات الضوئية ومكوناته وتطبيقاته ومن ثم شرح للمكونات الدوائر المتكاملة وتطبيقات مبسطة لمكبر العمليات (Operation Amplifier)

المفردات النظرية Course Syllabus

الأسبوع	التفاصيل
الأول	نظرية اشباه الموصلات - التركيب الذري - مستويات الطاقة - البلورات - التوصيل في البلورات - تيار الفجوة - كيفية تحريك الفجوات
الثاني	التطعيم - بلورة موجبة نوع (P) - بلورة سالبة نوع (N) - تيار الألكترونات - تيار الفجوات - المقاومة الاجمالية
الثالث والرابع	ثنائيات اشباه الموصلات الوصلة (PN) - تكوين منطقة الاستنزاف - الجهد الحاجز - تل الطاقة - التأثيرات الحرارية - الثنائي المنحاز - الانحياز الامامي - الانحياز العكسي - منحنيات الخواص في الاتجاهين المامي والعكسي - تيار العبور - تيار حاملات الاقلية - تيار التسريب السطحي - أعظم جهد انهيار عكسي (PIV max) - الدائرة المكافئة للثنائي - انواع الثنائيات
الخامس	الثنائي كموحد للتيار - موحد نصف موجة - القيمة المستمرة للتيار (Idc) وحسابها - القيمة الفعالة للتيار (Irms) وحسابها - تردد الاخراج Fout - حساب الكفاءة لموحد نصف الموجة
السادس والسابع	توحيد الموجة الكاملة - باستخدام محولة النقطة الوسطية - الموحد القنطري - حساب القيمة المستمرة والفعالة للتيار - استخراج تردد الاخراج - مقارنة بين انواع الموحدات - المرشحات - الترشيح باستخدام متسعه - مرشح (LC) - مرشح (RC) - جهد الاخراج المستمر - حساب معامل التمدد - حساب الكفاءة لموحد الموجة الكاملة - مضاعفات الجهد - التقليم - التقليم الموجب - التقليم السالب - التقليم المركب - كاشف الذروه
الثامن والتاسع	ثنائي الزنر - تركيبه رمزه خواصه - الانكسار الانهيازي - جهد النهيار العكسي للزنير - تحمل القدره - ممانعة الزنير وتأثير درجة الحرارة - الدائرة المكافئة للزنير
العاشر والحادي عشر	الترانزستور ثنائي القطبية - تركيبه - مناطق التحيز - (adc) - (βdc) - العلاقة بين (adc) و (βdc) - انواع الانحياز - صيغ الربط - الدائرة المكافئة

للترانزستور	
منحنيات خواص الترانزستور – مناطق العمل – تعريف (Iceo) و (Icbo) – منحني الكسب التيار - العلاقة بين (IC) و (Icbo)	الثاني عشر
دوائر انحياز الترانزستور – انحياز القاعدة – انحياز الباعث – انحياز الجامع – الانحياز الذاتي – الانحياز بالتغذية العكسية – انحياز مقسم الجهد – امثله تطبيقية	الثالث والرابع عشر
الدوائر المكافئة المستمرة للترانزستور – خط الحمل المستمر DC – Load line	الخامس عشر
نقاط العمل – نقطة السكون (Q- point) – امثلة تطبيقية	السادس عشر
الترانزستور في تكبير الاشارة الصغيرة – الدائرة المكافئة المتناوبة – الثوابت الهجينية (h- parameter) – كسب الجهد – كسب التيار – كسب القدرة – مقاومتا الدخل والخرج – مكبرات الاشارة الصغيره القاعدة المشتركة والباعث المشترك	السابع والثامن والتاسع عشر
استخدام الترانزستور في تنظيم الجهد – منظم الجهد توالي – منظم الجهد توازي – دائرة مصدر جهد مستمر DC – power supply	العشرون
ترانزستور تأثير المجال الوصلي (JFET) – تركيبه رمزه – نظرية العمل – منحنيات الخواص – منحني الموصلية التبادلية – تعريف جهد الضيق (VP) و تيار (Idss) – منحنيات خواص (MOSFET)	الحادي والثاني والعشرون
دوائر انحياز ترانزستور (FET) – انحياز مصدر التيار الثابت – نقطة العمل – الانحياز الذاتي – الدائرة المكافئة لل(FET) في تكبير الاشارة الصغيرة – مقارنة بين انواع (FET) وبين (BJT)	الثالث والرابع والخامس والعشرون
المقاومة المعتمدة على الضوء (LDR) – الثنائي الباعث للضوء – الثنائي الضوئي – الترانزستور الضوئي – لوحة القطع السبعة تركيبها وتطبيقاتها	السادس والعشرون
الموحد السلكوني المتحكم (SCR) – تركيبه – رمزه – خواصه نظرية عمله – الترياك – الداياك تركيبهما رمزهما خواص عملهما – مقارنة بين الثايرستور والداياك والترياك – حماية الثايرستور والداياك والترياك – حماية الثايرستور من (الجهد ، من تغير الجهد ، من التيار ، من تغير التيار)	السابع والثامن والعشرون
الدوائر المتكامله – معناها – فكرة عن تصنيعها وتركيبها – مزاياها ومساوئها – مكبر العمليات (741) – رمزه اطراف التوصيل – استخداماته – تطبيقاته في تكبير الاشارات الصغيره – جمع الاشارتين – مفاضل – مكامل – قالب (	التاسع واعشرون والثلاثون

﴿ بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ ﴾

﴿ قَالَ رَبِّ اشْرَحْ لِي صَدْرِي ٢٥ ﴾ وَيَسِّرْ لِي أَمْرِي ٢٦

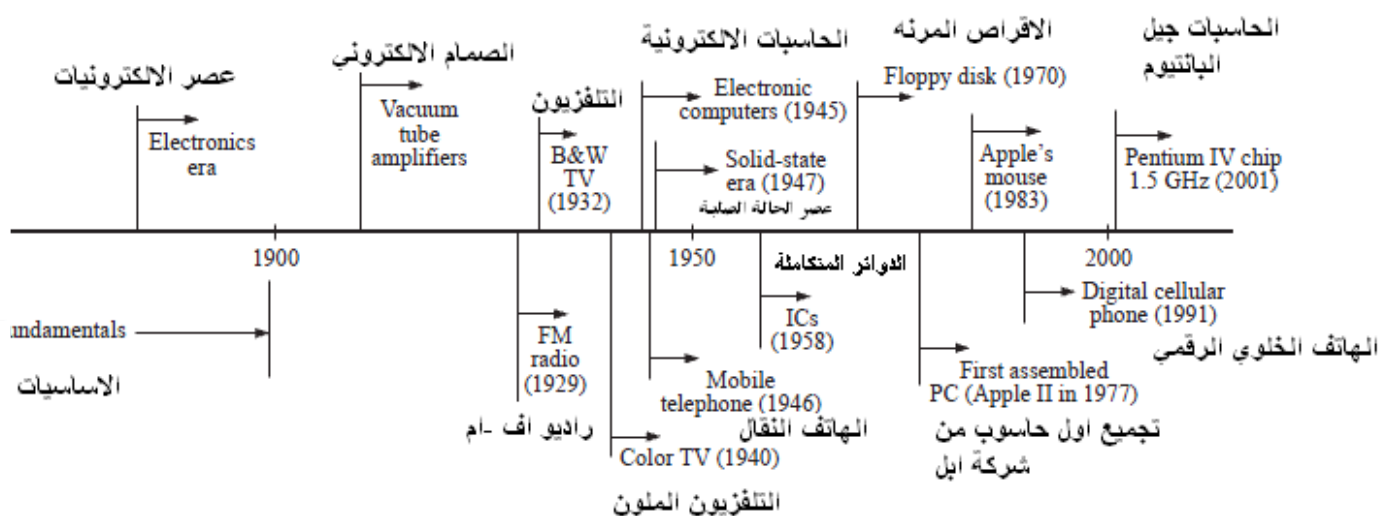
وَأَحْلِلْ عُقْدَةَ مِنِّ لِسَانِي ٢٧ يَفْقَهُوا قَوْلِي ٢٨ ﴿

سورة طه

صدق الله العلي العظيم

علم الإلكترونيك

وهو العلم الذي يدخل في دراسة حركة حاملات الشحنة (الالكترونات - الفجوات) والسيطرة عليها باستخدام العناصر الالكترونية. (او العلم الذي يشمل دراسة الظواهر الفيزيائية المرتبطة بحركة الشحنات في المجالات الكهربائية والمغناطيسية). والمخطط الزمني في الشكل ادناه يوضح مراحل تطور الصناعة الالكترونية.



شكل - رقم (1)

المخطط الزمني لتطور الصناعة الالكترونية

شكل رقم (2) يوضح مراحل تطور صناعة العناصر الالكترونية بالصورة



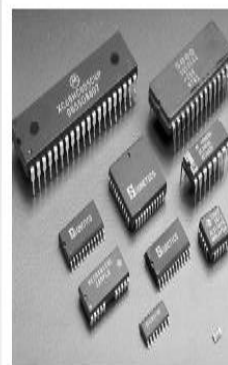
الصمام الالكتروني



مجموعة مختلفة من انواع الدايودات



مجموعة مختلفة من الدوائر المتكاملة



مجموعة مختلفة من الدوائر المتكاملة (ICs) نوع المزدوج (DIL) والرباعي (QIL)



لدوائر المتكاملة ذات المقاييس العالية (LSI)

التركيب الذري

صور العالم بور الذرة المثالية أنها تتكون من نواة ذات شحنة موجبة مكونة من جسيمات متناهية في الصغر تدعى البروتونات وأخرى متعادلة الشحنة تدعى النيوترونات وان هذه النواة الموجبة الشحنة محاطة بجسيمات سالبة الشحنة تدعى بالالكترونات التي تحاول الانجذاب إلى النواة بحكم اختلاف شحنتيهما بقوة جذب ولكن نتيجة لحركة الالكترونات ودورانها بمدارات حول النواة تنشأ قوة طرد مركزية (Centrifugal Force) مساوية لقوة الجذب بين الالكترونات والنواة في المقدار ومعاكسة لها في الاتجاه وعليه افترض العالم بور مايلي :-

١ - الفرض الاول يتحرك الإلكترون حول النواة في مدار دائري تحت تأثير قوتين هما

قوة الجذب الكهربائية بين الإلكترون والنواة وقوة الطرد المركزي .

٢ - الفرض الثاني كمية الحركة الزاوية للإلكترون حول النواة تأخذ قيماً عبارة عن اعداد

صحيحة من ثابت بلانك (h) مقسومة على 2π

3- الفرض الثالث: أن الإلكترون لايشع طاقة ولايمتص طاقة ما دام يتحرك في مداره

المحدد له (الذره مستقره) ولكن يمتص طاقة إذا انتقل من مدار اقرب للنواة إلى مدار ابعد عن النواة ويشع طاقة إذا انتقل من مدار ابعد عن النواة إلى مدار اقرب للنواة .

أن توزيع الالكترونات في المدارات يتم وفق العلاقة الرياضية التالية $e = 2N^2$

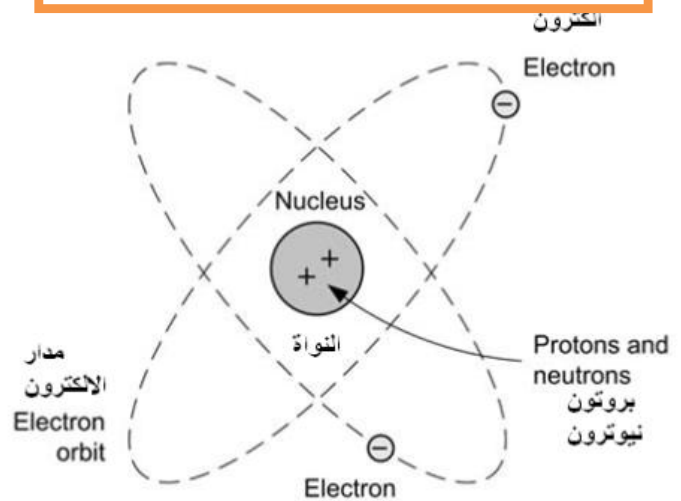
شكل رقم (3) يمثل نموذج العالم بوهير لذرة الهليوم

حيث أن :- عدد الالكترونات في المدار e:

N: رقم المدار (الغلاف)

h: ثابت بولتزمان 1.38×10^{-23}

نطاقات الطاقة Energy Band



ذكرنا سابقاً أن الإلكترونات تدور في مدارات حول النواة وإن كلا مدار من هذه المدارات تحمل طاقة محدودة، وهذا يعني وجود مسافة بين مدار وآخر لا يستقر فيه الإلكترون وإنما يمر به لينتقل من مدار إلى آخر قد تزيد هذه المسافة وقد تقل على حسب الفرق في الطاقة بين المدارين، وكنتيجة للبناء البلوري لذرات المعادلة وأشياء الموصلات تتداخل إلكترونات الذرات المجاورة في الفراغ بين أنوية الذرات عليه فإن مستويات الطاقة (عدد المدارات) لكل ذرة تتحول إلى نطاقات لمستويات الطاقة وتكون على النحو التالي :

1 - نطاق المحظور FORBIDDEN BAND:

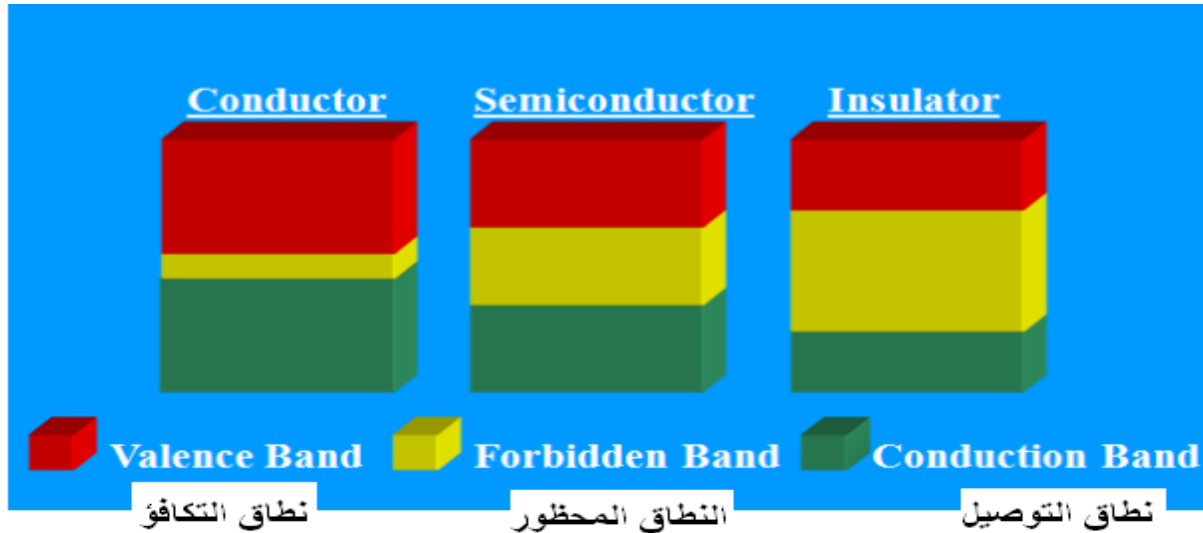
هو الفجوة (المسافة) في الطاقة بين كل نطاق وآخر.

2 - نطاق التكافؤ VALENCE BAND:

هو النطاق العلوي الذي يحتوي على سلسلة مستويات الطاقة التي تحتوي على إلكترونات التكافؤ.

3 - نطاق التوصيل CONDUCTOR BAND:

يوجد أعلى في نطاق التكافؤ ويحتوي على الإلكترونات التي تكون سبباً في توصيل التيار الكهربائي. الحرة



مخطط كتلي يوضح مستويات الطاقة حسب نوعية المواد

تصنيف المواد

تصنف المواد حسب قابلية توصيلها للكهربائية الى ثلاثة اصناف :-

١. المواد الموصلة (Conductor Material)

وهي المواد التي تسمح بمرور التيار الكهربائي بالمرور من خلالها حيث يمتاز مدار التكافؤ (Valence shell) لذراتها بموجود الكترونات حرة اكثر من اربعة الكترونات (Conductor= <4 electrons) كما انه لا توجد فجوة بين نطاقي التوصيل والتكافؤ أي انها متداخلة فيما بينها وهي مثل الذهب والفضة والنحاس والالمنيوم .

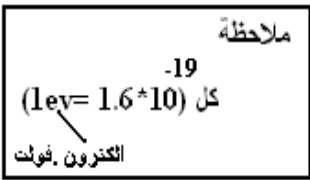
٢. المواد العازلة (Insulator Material)

وهي المواد التي لا تسمح بمرور التيار الكهربائي من خلالها وذلك لاتساع الفجوة بين نطاقي التوصيل والتكافؤ بحيث انه لا يمكن لالكترون من الانتقال من نطاق التكافؤ الى نطاق التوصيل أي ان هذا النوع من المواد لا يمتلك الكترونات حرة (Insulator= >4 electrons).

ذ

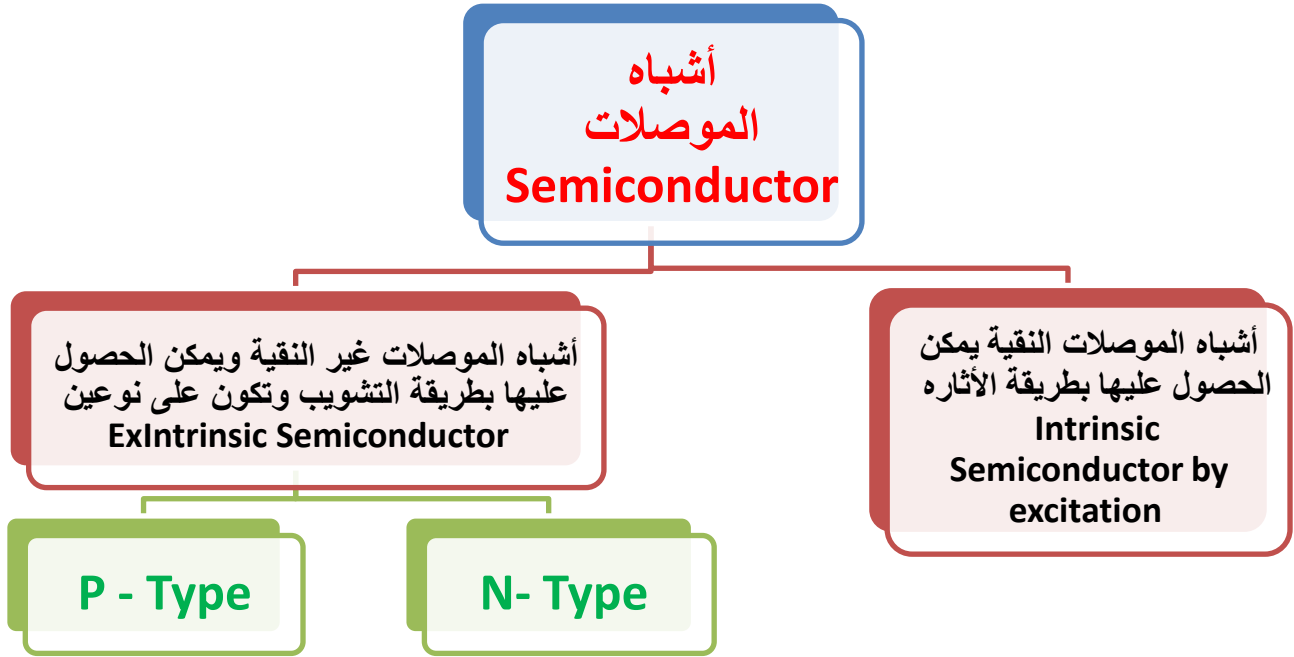
٣. المواد شبه الموصلة (Semiconductor Material)

وهي المواد التي تسلك سلوك المواد الموصلة والمواد العازلة حيث تكون الفجوة بين نطاقي التكافؤ والتوصيل صغيرة فهي عند درجة حرارة الصفر المطلق تكون عازلة اما عند زيادة درجة الحرارة فان الالكترونات الموجودة في مدار التكافؤ تمتلك طاقة تستطيع بها الوصول الى نطاق التوصيل . وتمتلك اشباه الموصلات اربعة الكترونات في مدار التكافؤ (4 Semiconductors => electrons) وتتوفر المواد شبه الموصلة على الأرض إما على شكل عناصر فيزيائية خالصة تقع في العاود الرابع من الجدول الدوري وهي عنصري الجرمانيوم والسيليكون أو من مواد مركبة ناتجة عن خلط بعض عناصر العود الثالث كالبورون والالمنيوم والاندسيوم وال غليوم مع عناصر العود الخامس كالفسفور والزرنيخ (الأرسنيد) والبزموت منتجة مواد شبه موصلة كفوسفيد الإندسيوم وأرسنيد الغليوم وغيرها من المركبات التي قد تتفوق على العناصر شبه الموصلة الخالصة في بعض خصائصها الكهربائية.



مخطط عناصر الجدول الدوري

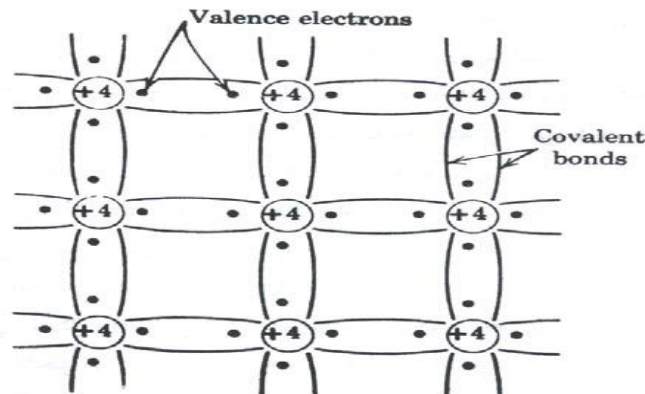
ويمكن تقسيم أشباه الموصلات الى نوعين وحسب المخطط ادناه :



أشباه الموصلات النقية Intrinsic(pure) Semiconductor

تقع أشباه الموصلات المستخدمة في الأغراض الإلكترونية ضمن المجموعة الرابعة في الجدول الدوري أن هذه العناصر رباعية التكافؤ (وجود أربعة إلكترونات في المدار الأخير) وأشهر هذه العناصر السليكون Si والجرمانيوم Ge ترتبط ذرات هذه العناصر مع بعضها في روابط تساهمية لتكوين المادة. يسمى بالبلورة (Crystal). والتركيب العام للبلورة هو عبارة عن ترابط مجموعة من ذرات المادة في شكل هندسي دقيق منتظم ومتكرر يدعى بالتنسيق البلوري.

يبين الشكل ادناه تركيبا بلوريا رباعيا لأشباه الموصلات حيث إن وحدة البلورة تتكون من ذرة تحيط بها أربع ذرات وحول كل ذرة توجد أربعة إلكترونات. حيث يرتبط كل إلكترون بالذرة الخاء وبذرة أخرى مجاورة لينتج عن ذلك ترابط بين هذه الذرات تدعى بالترابط التساهمي



عند درجة حرارة الصفر المطلق تكون جميع إلكترونات التكافؤ لأشباه الموصلات موجودة في نطاق التكافؤ ولا يوجد منها في نطاق التوصيل لذلك فإن أشباه الموصلات في هذه الحالة تسلك سلوك العازل المثالي .

عند ارتفاع درجة حرارة البلورة إلى درجة حرارة الغرفة 300°K تكتسب إلكترونات التكافؤ طاقة حركية كافية لكسر الروابط التساهمية وتنتج عن ذلك تحرر إلكترونات وفي هذه الحالة يصبح شبه الموصل موصل جيد للكهرباء ولكن إذا ما قورنت مع موصلية المعادن مثل الفضة والنحاس فإنها تعتبر صغيرة جداً . ولذلك تمت إضافة الشوائب لأشباه الموصلات لزيادة توصيلتها

أشباه الموصلات غير النقية Extrinsic Semiconductor

يمكن زيادة موصلية أشباه الموصلات النقية وذلك بإضافة شوائب خماسية التكافؤ أو بإضافة شوائب من مواد ثلاثية التكافؤ إلى مادة شبه الموصل النقي بعناية وبمعدل مسيطر عليه. حيث تكون نسبة الشوائب المضافة إلى حوالي ذرة لكل مليون ذرة من السيليكون أو الجرمانيوم. تدعى وتصنف أشباه الموصلات إلى نوعين:

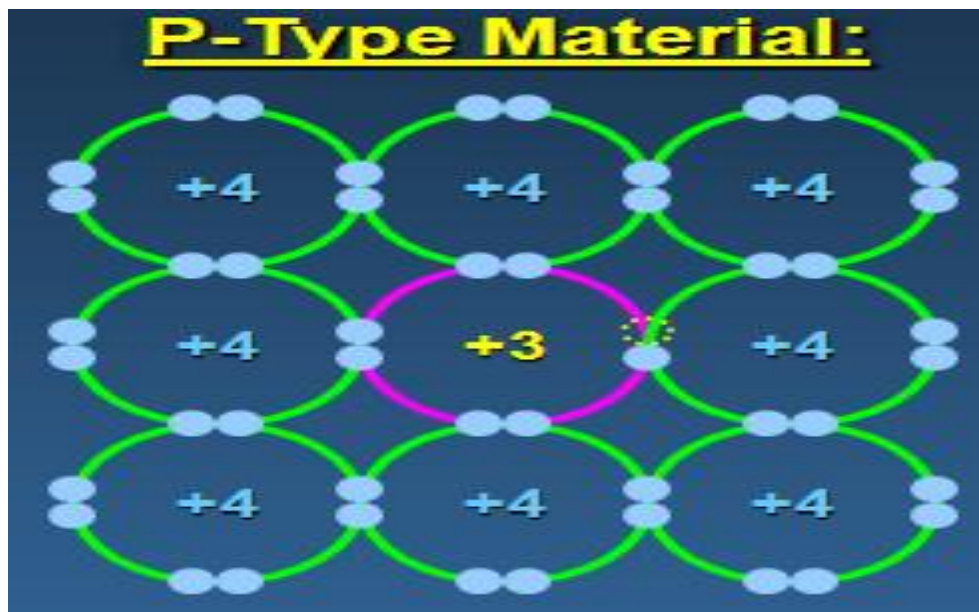
أولاً: أشباه الموصلات نوع N (N - Type Semiconductor)

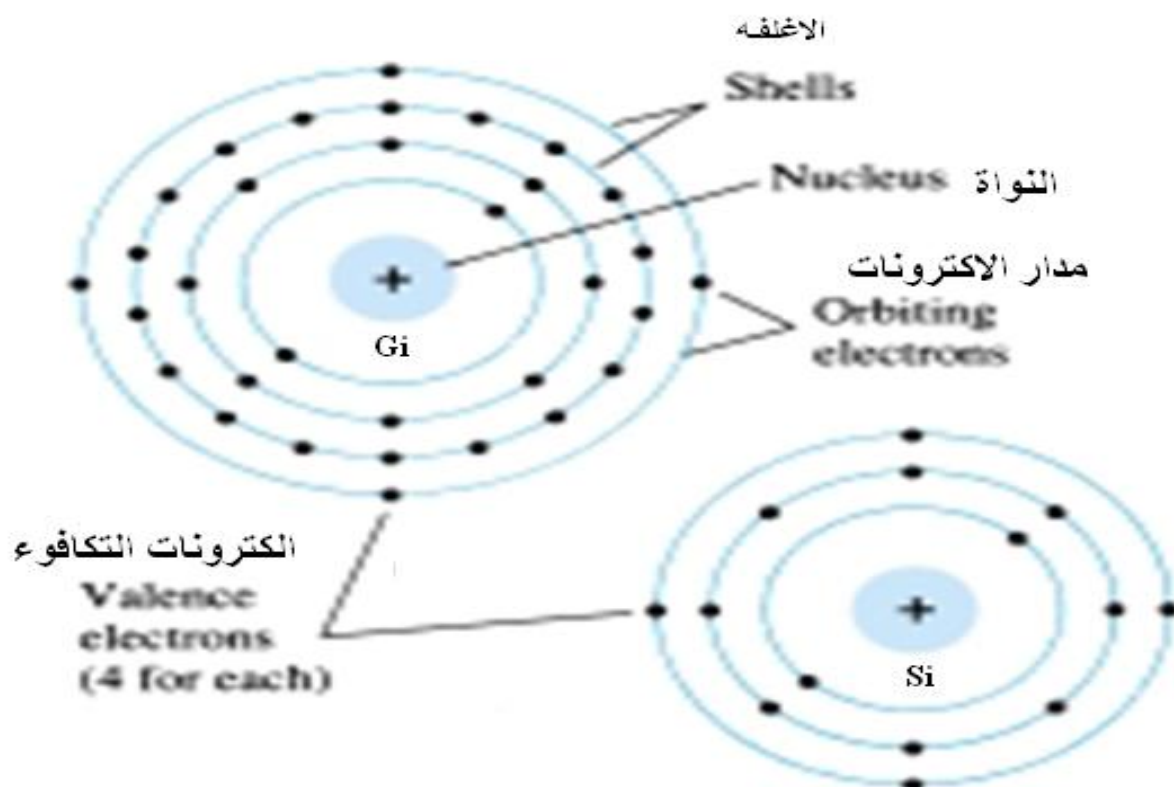
عند إضافة شوائب تحتوي على خمسة إلكترونات في مدارها الأخير إلى مادة شبه موصلة . فإن شبه موصل يكتسب موصلية إضافية تعرف بالموصل الإلكترونية وذلك لوجود إلكترون زائد. عند عملية الترابط التساهمي لأن ذرة السيليكون أو الجرمانيوم لا تحتاج إلا لأربعة إلكترونات فقط فيصبح الإلكترون الخامس للشائبة حر. وكنتيجة للعملية السابقة تظهر كمية من الإلكترونات الحرة يكون عددها مساوياً لعدد ذرات المادة الشائبة الداخلة في عملية التطعيم ويدعى هذا النوع من الشوائب الخماسية التكافؤ بالشوائب المانحة donor impurity حيث تمنح الذرة الشائبة إلكترونات من إلكتروناتها الخمسة ليشارك في عملية التوصيل الكهربائي .



ثانياً: أشباه الموصلات من نوع P - (P - Type Semiconductor)

عند إضافة شوائب تحتوي في مدارها الأخير على ثلاثة إلكترونات إلى مادة السيليكون أو الجرمانيوم فإن الإلكترونات الثلاثة للمادة الشائبة ترتبط مع ذرات السيليكون أو الجرمانيوم بروابط تساهمية بينما تبقى الرابطة الرابعة غير مكتملة مما يؤدي إلى تكون فجوة Hole عندما تكتسب إلكترون من الذرة الرابعة للسيليكون أو الجرمانيوم. ولذلك تسمى بالشوائب القبلية Acceptor وكما في الشكل ادناه





التركيب الذري للسكون Si والجرمانيوم Ge

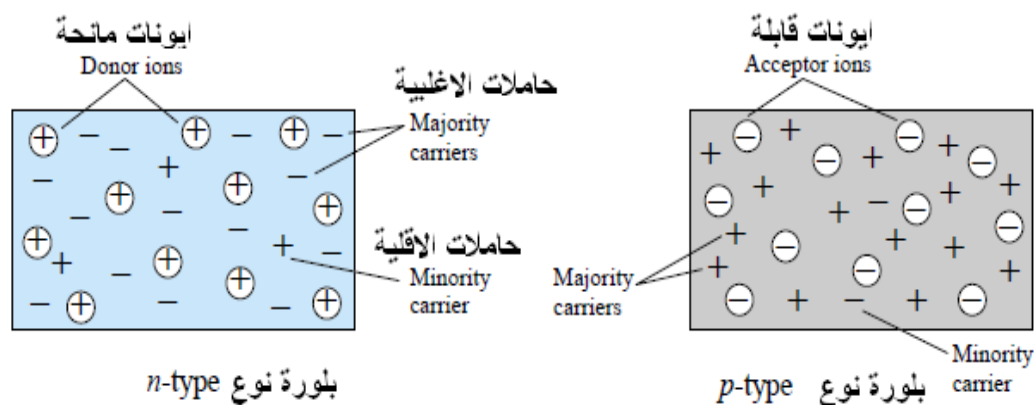
مما تقدم نستنتج ان هناك نوعين من ذرات التشويب (Impurity Atoms) هي :-

❖ ذرات شوائب ثلاثية التكافوء (Trivalent) تمتلك ثلاثة إلكترونات في مدار التكافوء مثل البرون (B) والجاليليوم (Ga) والاندنيوم (In).

نحصل من عملية التشويب هذه على بلورة نوع (P)

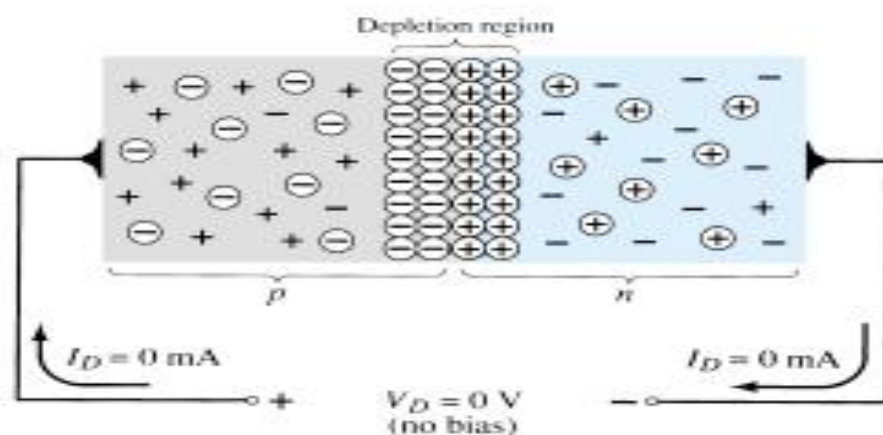
❖ ذرات خماسية التكافوء (Pentavalent) تمتلك خمسة إلكترونات في مدار التكافوء مثل الفسفور (P) والزرنيخ (As) والانتيمون (Sb).

نحصل من عملية التشويب هذه على بلورة نوع (N)



الوصلة - PN (الموحد) في حالة عدم تطبيق جهد عليها

ذكرنا سابقاً أن الوصلة n يوجد بها عدد كبير من الإلكترونات الحرة والوصلة p يوجد بها عدد كبير من الفجوات وعند وضع الوصلتين ملاصقتين لبعضهما البعض فإن الإلكترونات في الوصلة n القريبة من الحاجز سوف تغادر إلى الفجوات في الوصلة p لتترك ذرتها الأم على شكل أيون موجب وكذلك الفجوات التي تعبر من المنطقة p إلى المنطقة n تبقي ذرتها الأم على شكل أيون سالب وهكذا تتكون شحنة فراغية على جانبي الفاصل تدعى بمنطقة الاستنزاف (Depletion Region) وعليه فإن هذه المنطقة تكون خالية تماماً من أي حاملات للشحنة.



ثنائي الوصلة (PN) The (PN) Junction Diode

يتم تشكيل ثنائي الوصلة p-n (الدايود) على بلورة أحادية ومتصلة من مادة شبه موصل نقية (سيلكون أو جرمانيوم) وطعم أحد أجزاء هذه البلورة بشوائب مانحة وطعم الجزء الآخر بشوائب القابلة وجدير بالذكر أنه لا يمكن تشكيل ثنائي الوصل p-n بمجرد وضع قطعة من مادة شبه موصل نوع n ملاصقة لمادة نوع p لأن عدم الاستمرار به في البناء البلوري لمادة شبه الموصل يؤدي إلي ضياع كل الصفات التي يشكل الدايود من أجلها ويبين شكل التكوين التركيب ثنائي الوصل p-n حيث يحتوي هذا التركيب على حاجز (Barrier) يبين مادة شبه الموصل نوع p ويبين المادة نوع n ونظرا لهذا التركيب تكون غالبية حاملات التيار في مادة نوع p فجوات (Holes) بينما تكون غالبية حاملات الشحنة في المادة n هي الإلكترونات.

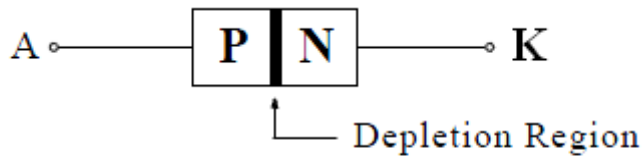
The - PN - Junction



حيث ان :-

Na , Nd تمثل كمية التشويب السالبة والموجبة لعدد الحاملات لكل cm^3
وعادة تكون ضمن المدى (10^{15} . 10^{20})

ومن عملية التصاق البلورة (N) مع البلورة (P) نكون قد حصلنا على الثنائي
الموحد (Diode) حيث يسمى طرف البلورة (N) بالكاثود (K) فيما يسمى البلورة
(P) بالأنود (A) وكما موضح بالرمز والتركيب الفيزيائي



Physical Structure



Symbol

Barrier Potential الجهد الحاجز

وهو الجهد الناشئ خلال الوصلة (PN) بين البلورتين والذي يمنع حاملات التيار الاغلبية
من العبور بين البلورتين وتعتمد قيمته على نوع المادة الاساسية لتركيب البلورة ومستوى
التشويب ودرجة الحرارة حيث انه يساوي (0.7 Si) و (0.3 Gi) و (1.2GaAs)

انحياز الموحد Diode Bias

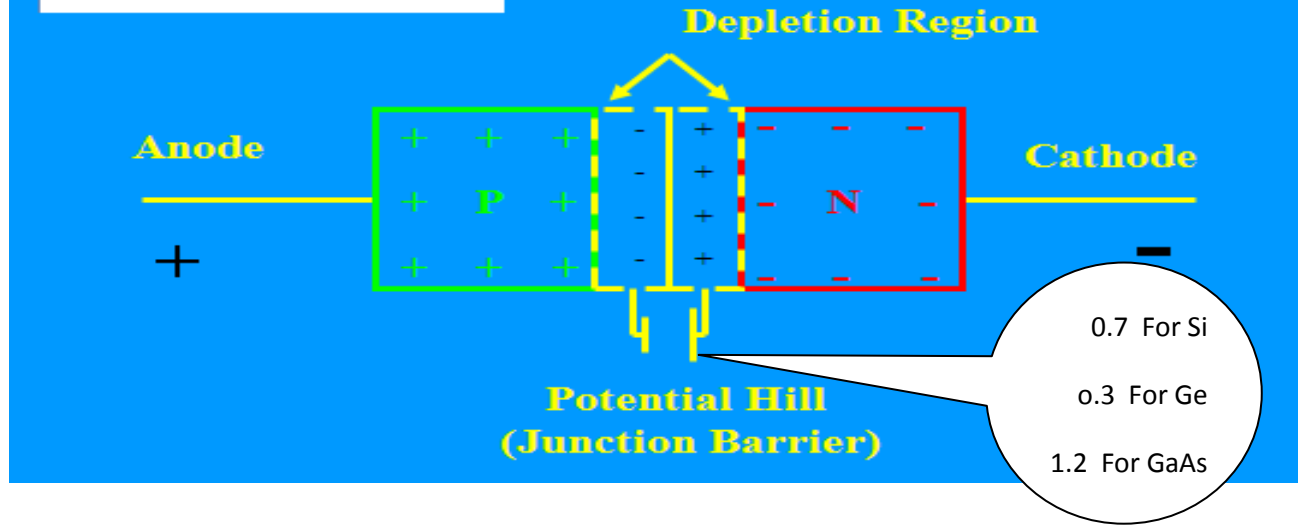
عند التأثير على ثنائي الوصلة بجهد انحياز فإن ذلك يؤدي إلى اختلاف في التوازن بين حاملات الشحنة في
المنطقة P والمنطقة n عن ذلك الذي كانت عليه عند عدم تطبيق جهد. وهناك نوعان من الانحياز هما:

1- الانحياز الامامي Forward Bias

عند وصل ثنائي الوصلة p-n ببطارية بحيث يكون الجانب p للثنائي الذي يسمى (أنود Anode)
موصلا بالقطب الموجب للبطارية والجانب n للـ ايود الذي يسمى (كاثود Cathode) موصلا
بالقطب السالب للبطارية كما موضح بالشكل ادناه حيث تسمى طريقة الربط هذه بالانحياز الامامي

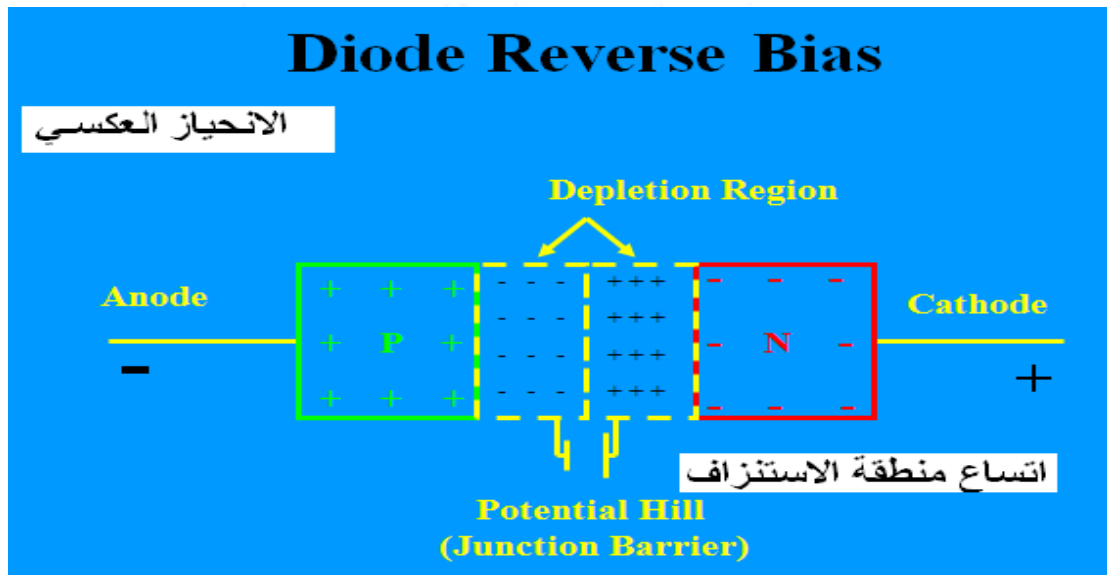
Diode Forward Bias

الانحياز الامامي للدايود



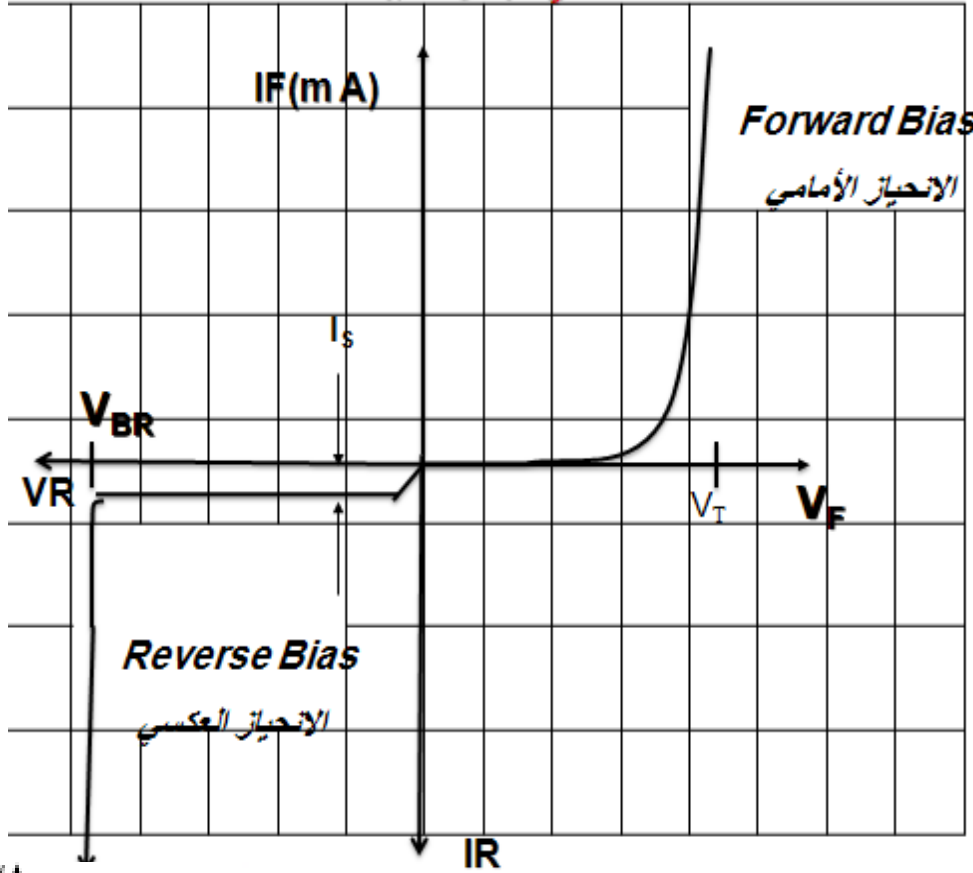
2- الانحياز العكسي Reverse Bias

شكل انهاء يوضح توصيل الموحد في حالة انحياز عكسي حيث القطب السالب موصل مع طرف الأنود A (P-Type) والقطب الموجب مع الوصلة n (الكاثود) عليه فان القطب السالب يجذب الفجوات في المنطقة الموجبة إلى خارج منطقة الاستنزاف والقطب الموجب يجذب الالكترونات الموجودة في الوصلة n إلى خارج منطقة الاستنزاف مما يؤدي إلى زيادة منطقة الاستنزاف (المنطقة الخالية من الشحنات) وبذلك تزيد مقاومة الموحد لمرور التيار إلى درجة كبيرة جدا وعندها لا يمر تيار إلا تيار صغير جدا يسمى تيار التسريب العكسي ناتج عن انتشار حاملات الشحنة الأقلية حيث إن الالكترونات في الجانب P والفجوات في الجانب n هما الحاملات الأقلية .

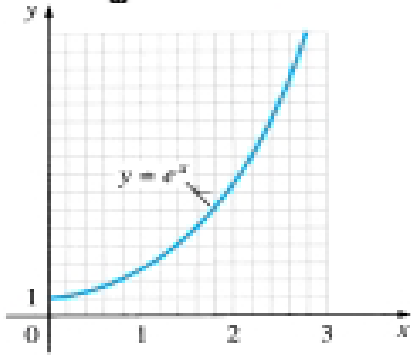


characteristics of Diodes

منحني خواص الدايدود



I_S = Saturation Current Reverse تيار التسريب العكسي
 V_F = Voltage Forward Bias فولتية الانحياز الامامي
 V_{BR} = Breakdown Voltage فولتية الانهيار
 V_R = Voltage Reverse Bias فولتية الانحياز العكسية
 V_T = Barrier Potential Voltage فولتية الجهد الحاجز



نلاحظ ان العلاقة بين التيار الامامي والفولتية الامامية هي علاقة اسية كما موضحة بالشكل

$$y = e^x$$

Diode Ratings Specifications مواصفات الدايدود القياسية

لكي نختار الدايدود في التطبيقات العملية يجب التعرف على مواصفات التي تتلائم مع حاجة الدائرة الالكترونية المراد اسخدام الدايدود فيها وهذا يتم بالتعرف على المواصفات القياسية الموضحة بالبيانات الصادرة عن الشركات المصنعة للعناصر الالكترونية (Data Sheet).

1. الفولتية العكسية (Peak Inverse Voltage (PIV)

وهي اعظم فولتية عكسية يمكن تطبيقها على الدايدود دون ان يتحطم وتسمى في بعض الاحيان

$$PRV . VR . VRB . VRM$$

2. معدل التيار الامامي Averse Forward Current

وهي قيمة التيار المستمر التي يمكن للدايود ان يمررها عند درجة الحرارة الطبيعية 25C ويكتب ($I_{F(av)}$, I_{FM})

3. تيار التدفق الامامي (تيار اللحظي) Forward Surge Current

وهو اعظم تيار يمر بأمان خلال الدايدود ولفتره قصيرة جداً (1sec) ويكتب (I_{Fs})

4. اعظم فولتية امامية Maximum Forward Voltage

وهي اعظم فولتية امامية يتحملها الدايدود دون ان يتلف وتكتب V_{FM}

5. الفولتية الامامية Forward Voltage

وهي الفولتية الامامية عند درجة حرارة معينة لقيمة تيار مصنفة وتكتب V_F

6. التيار العكسي Reverse Current

اعظم قيمة تيار الاشباع العكسي عند اعظم فولتية عكسية لدرجة حرارة معينة ويكتب I_R , I_{RM}

7. القدره المبده Power Dissipation

اعظم قدرة يمكن للدايدود ان يتحملها بأمان في الانحياز الامامي عند درجة الحراه الطبيعية 25C

8. الوقت العكسي Reverse Time

اعظم وقت للعنصر للتحويل من حالة التوصيل الى القطع (ON-to -OFF stat) ويكتب t_{rs}

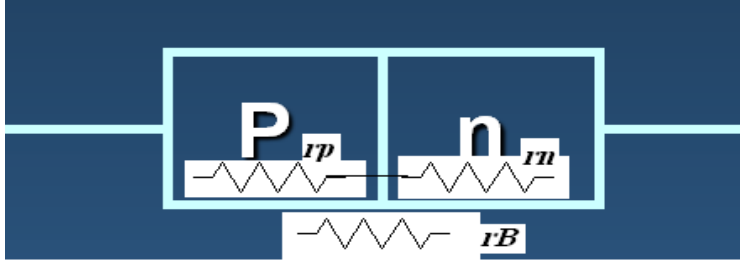
جدول يوضح بعض المواصفات للدايود Characteristics of some common semiconductor diodes

Device	Material	PIV	I_F max.	I_R max.	Application
1N4148	Silicon	100 V	76 mA	25 nA	General purpose
1N914	Silicon	100 V	75 mA	25 nA	General purpose
AA113	Germanium	60 V	10 mA	200 μ A	RF detector
OA47	Germanium	25 V	110 mA	100 μ A	Signal detector
OA91	Germanium	115 V	50 mA	275 μ A	General purpose
1N4001	Silicon	50 V	1 A	10 μ A	Low-voltage rectifier
1N5404	Silicon	400 V	3 A	10 μ A	High-voltage rectifier
BY127	Silicon	1,250 V	1 A	10 μ A	High-voltage rectifier

معاملات الدايود — Diode Parameters

١. المقاومة المطلقة (r_B) Bulk Resistance

وهي حاصل جمع مقاومة البلورة N و البلورة P لمادة المصنوعة منها البلورة



$$r_B = r_p + r_n$$

$$r_B = \frac{V - V_B}{I_F}$$

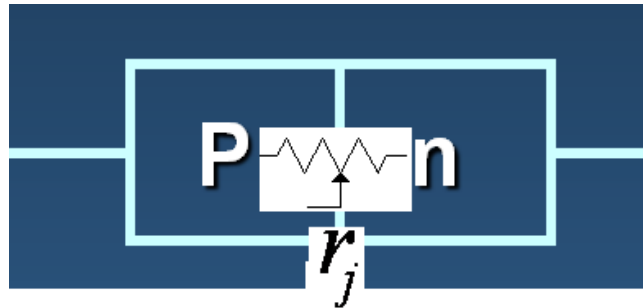
وعادة تكون r_B تكون
صغيرة جدا"

٢. مقاومة الوصلة (r_j) Junction Resistance

وهي المقاومة في حالة الانحياز الامامي وتعتمد على مقدار التيار المستمر الامامي وتحسب كما يلي :-

$$r_j = \frac{25\text{mV}}{I_F} \text{ for } \rightarrow \text{Ge}$$

$$r_j = \frac{50\text{mV}}{I_F} \text{ for } \rightarrow \text{Si}$$

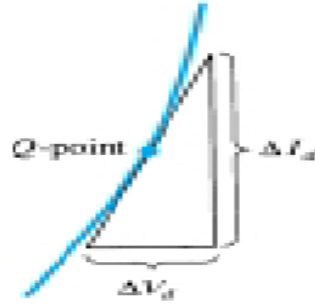


نلاحظ ان مقاومة الوصلة متغيره

٣. المقاومة الديناميكية (المتناوبة) - Dynamic or (ac) Resistance

وهي المقاومة الحاصلة من تغيرات تيار الانود بسبب الازاحة الحاصلة في نقطة عمل الدايدود (Q- point) و التي تنعكس على فولتية الدايدود حيث يمكن حسابها وذلك برسم مماس لمنحني خواص الدايدود ثم اخذ التغيرات للفولتية ($\Delta V / \Delta I$) وكما موضح بالرسم ادناه .

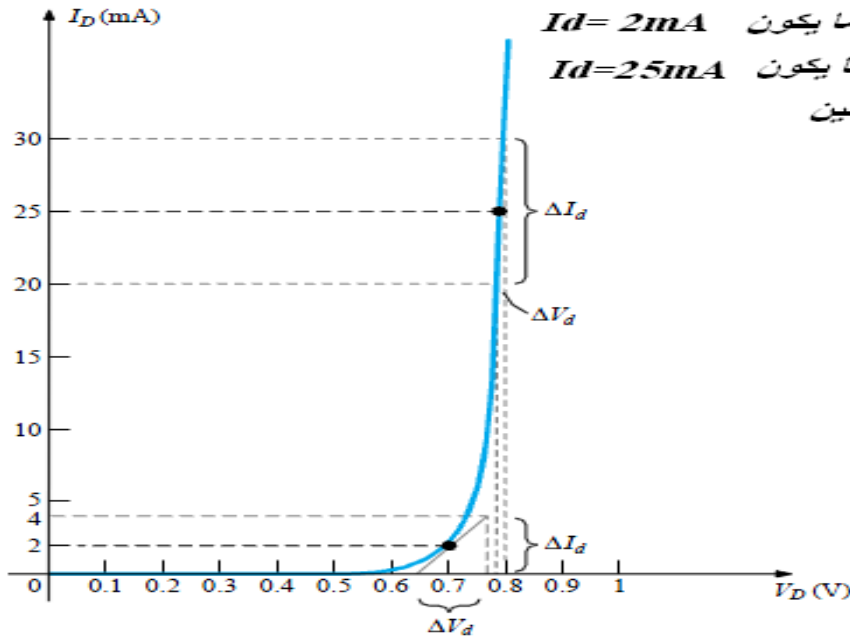
$$r_d = \frac{\Delta V_d}{\Delta I_d}$$



الشكل يوضح طريقة حساب المقاومة
الديناميكية للتثاني

مثال EXAMPLE

من خلال رسم الخواص الامامية للتثاني حدد مايلي :-



1 احسب r_d عندما يكون $I_d = 2 \text{ mA}$

2 احسب r_d عندما يكون $I_d = 25 \text{ mA}$

3 قارن بين النتيجتين

Soultion

نرسم مماس لمنحني الخواص عند ما

$I_d = 2 \text{ mA}$

$$\Delta I_d = 4 \text{ mA} - 0 \text{ mA} = 4 \text{ mA}$$

$$\Delta V_d = 0.76 \text{ V} - 0.65 \text{ V} = 0.11 \text{ V}$$

$$r_d = \frac{\Delta V_d}{\Delta I_d} = \frac{0.11 \text{ V}}{4 \text{ mA}} = 27.5 \Omega$$

عندما $I_d = 30 \text{ mA}$

$$\Delta I_d = 30 \text{ mA} - 20 \text{ mA} = 10 \text{ mA}$$

$$\Delta V_d = 0.8 \text{ V} - 0.78 \text{ V} = 0.02 \text{ V}$$

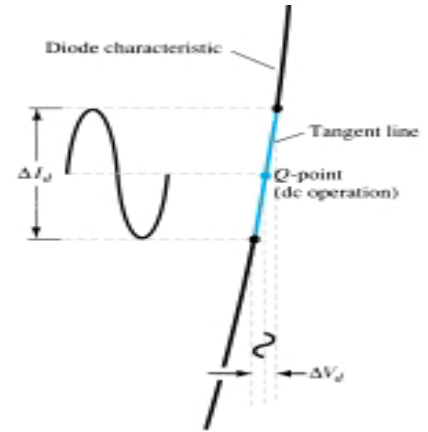
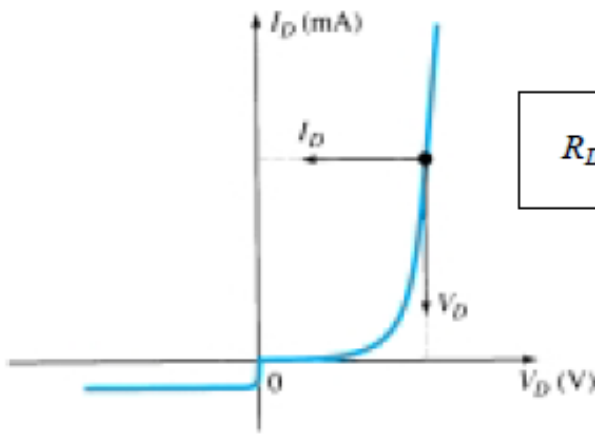
$$r_d = \frac{\Delta V_d}{\Delta I_d} = \frac{0.02 \text{ V}}{10 \text{ mA}} = 2 \Omega$$

4 . المقاومة الساكنة DC or Static Resistance

تطبيق فولتية مستمر على دائرة تحوي على شبه موصل (دايود) سوف ينتج نقطة عمل ساكنة للتغير مع الزمن .

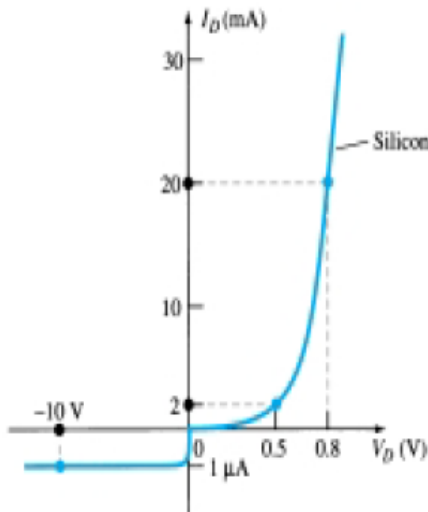
المقاومة في هذه الحالة تدعى بالمقاومة المستقرة او (المستمرة) (DC Resistance) والتي يمكن حسابها بواسطة ايجاد مستويات الفولتية والتيار المناظره لنقطة العمل (Q-point) وحسب المعادلة ادناه :-

مستويات المقاومة عند الانحناء تكون اكبر مقارنة " بمستوياتها في المقطع العمودي لمنحني الخواص



EXAMPLE مثال

احسب مقاومة الدايدو المستمرة اذا علمت



- 1- $I_D = 2$ mA
- 2- $I_D = 20$ mA
- 3- $V_D = -10$ V

Solution

At $I_D = 2$ mA, $V_D = 0.5$ V (from the curve) and

$$R_D = \frac{V_D}{I_D} = \frac{0.5 \text{ V}}{2 \text{ mA}} = 250 \Omega$$

At $I_D = 20$ mA, $V_D = 0.8$ V (from the curve) and

$$R_D = \frac{V_D}{I_D} = \frac{0.8 \text{ V}}{20 \text{ mA}} = 40 \Omega$$

At $V_D = -10$ V, $I_D = -I_s = -1 \mu\text{A}$ (from the curve) and

$$R_D = \frac{V_D}{I_D} = \frac{10 \text{ V}}{1 \mu\text{A}} = 10 \text{ M}\Omega$$

5. المقاومة العكسية الساكنة R_R Reverse DC – Resistance

وهي المقاومة العكسية التي يبدوها الدايتود بالانحياز العكسي ويمكن حسابها من العلاقة أدناه :-

$$R_R = \frac{V_R}{I_R}$$

6. معادلة تيار الدايتود Equation of Diode Current

$$I_D = I_s(e^{V_D/\eta V_T} - 1)$$

$$V_T = \frac{KT}{q}$$

حيث أن :-

V_T :- الفولتية الحرارية المكافئة ويمكن حسابها من العلاقة التالية

η :- معامل أشعاع الدايتود (emission coefficient for the diode) ويساوي (1) للجرمانيوم و(2) للسليكون

I_S :- تيار الإشعاع العكسي (Reverse saturation current)

حيث أن :-

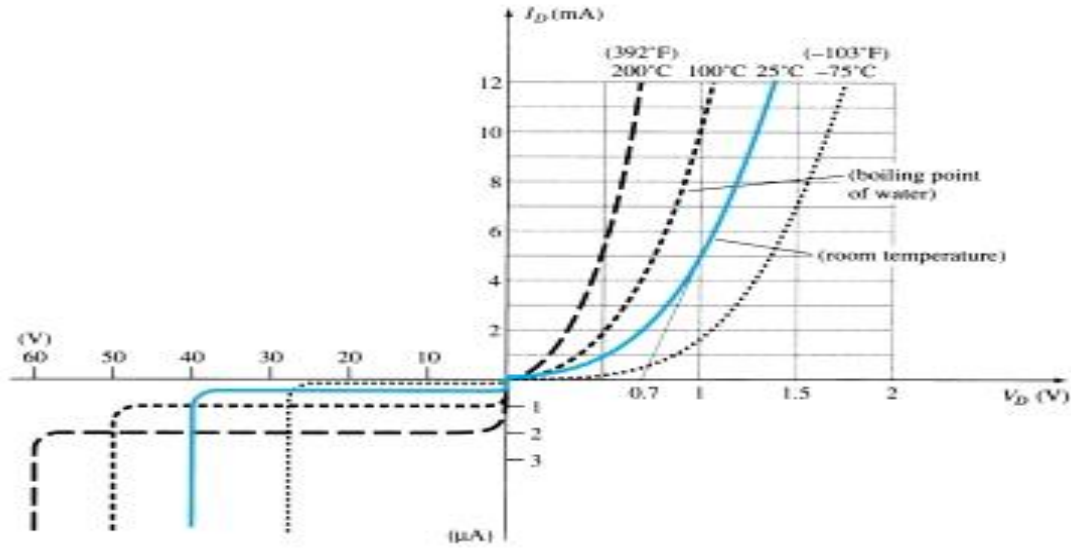
K :- ثابت بولتزمان ويساوي (1.38×10^{-23})

T :- درجة الحرارة بالكلفن $T = 273 + C$

Q :- شحنة الإلكترون وتساوي (1.681×10^{-19})

التأثيرات الحرارية على الدايتود Temperature Effects

ارتفاع درجات الحرارة يمكن أن يؤثر على خواص الدايتود حيث أن تيار الإشعاع العكسي (I_S) يضاعف في حالة زيادة درجة الحرارة كل (10°) حيث أن كلما زادت درجة حرارة الدايتود قل جهد الحاجز (V_B) وكما موضح بالشكل أدناه



شكل يوضح التأثير الحراري على خواص الدايدود

ويمكن حساب التأثيرات الحرارية كما يلي

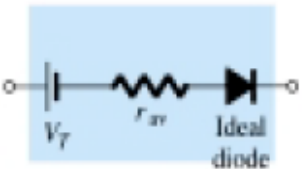
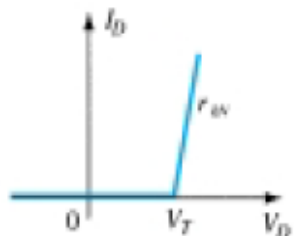
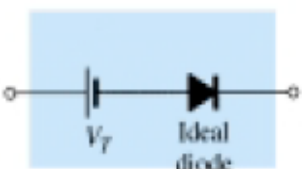
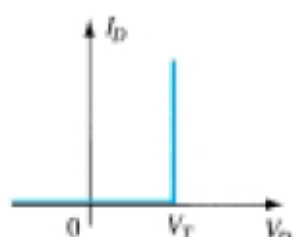
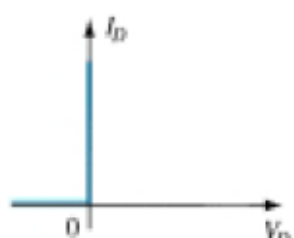
$$V_B = \frac{KT}{q} \ln \left(\frac{N_A \cdot N_D}{ni^2} \right)$$

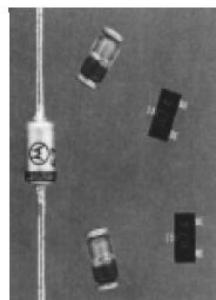
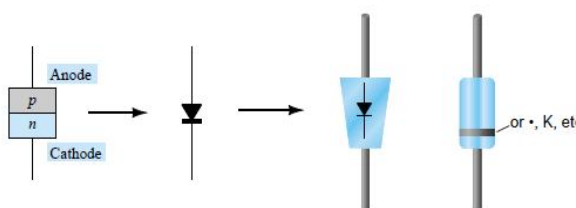
عند ارتفاع درجة الحرارة فإن البسط سوف يزداد ، ولكن بالمقابل فإن ارتفاع درجة الحرارة سوف يزيد من حاملات الشحنات في السليكون النقي (ni) وهذا يعني أن المقام سوف يزداد بنسبة (ni^2) ، وبالنسبة فإن الزيادة في المقام سوف تكون أكبر من الزيادة في البسط عند ارتفاع درجة الحرارة . وبالتالي فإن ارتفاع درجة الحرارة سيقبل من الجهد المسلط على الثنائي . عملياً فإن جهد الإعاقة يقل بمقدار 2mV لكل زيادة درجة مئوية واحدة في درجات الحرارة ،

$$\Delta V_B = -0.0025 \Delta T$$

تبسيط الدوائر المكافئة للدايود — Simplified Equivalent Circuit

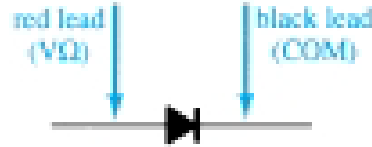
الجدول ادناه يوضح النماذج المكافئة للدايود

جدول يمثل نماذج الدوائر المكافئة للدايود Diode Equivalent Circuits (Models)			
Type	Conditions	Model	Characteristics
النموذج الخطي linear model			
النموذج المبسط Simplified model	$R_{\text{network}} \gg r_{av}$		
النموذج المثالي Ideal device	$R_{\text{network}} \gg r_{av}$ $E_{\text{network}} \gg V_T$		

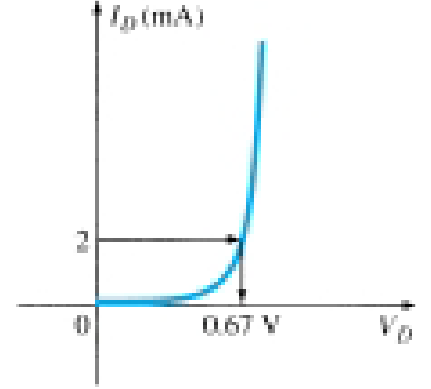


فحص الدايود ————— DIODE TESTING

يمكن فحص صلاحية الدايود وذلك بأستخدام جهاز الاوميتزر وكما موضح بالرسوم
التوضيحية ادناه



(a)



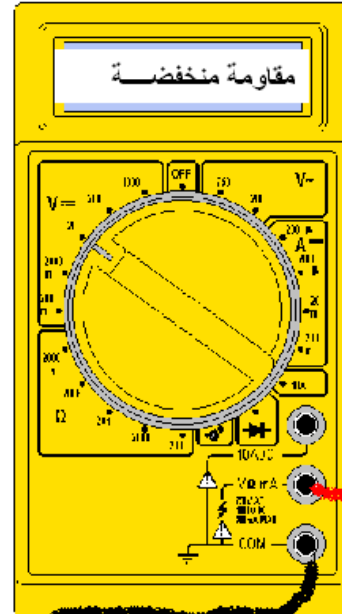
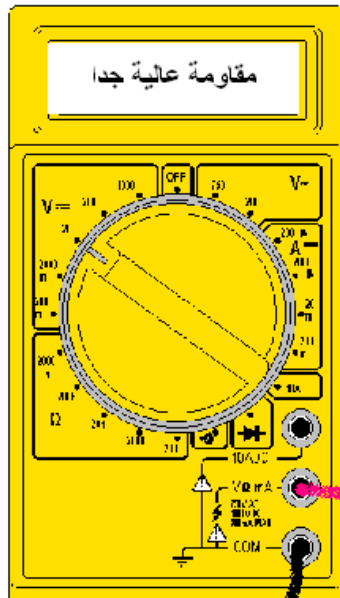
(b)

فحص الدايود بالاتجاه الامامي forward-bias

يقرأ جهاز الاوميتزر مقاومة منخفضة

فحص الدايود بالاتجاه العكسي Reverse bias

يقرأ جهاز الاوميتزر مقاومة عالية جدا



مثال EXAMPLE

احسب الجهد الحاجز لدايود من السلكون عند درجة حراره للوصلة 100C و عند 0C

Solution

$$\Delta V = -0.0025\Delta t$$

$$\Delta t = (t_2 - t_1) = 100 - 25 = 75C^\circ$$

$$\Delta V = -0.0025 \times 75 = -0.15v$$

$$V_{Bat100C^\circ} = 0.7 + (-0.15) = 0.55v$$

$$\Delta t = (0 - 25) = -25C^\circ$$

$$\Delta V = -0.0025\Delta t$$

$$= -0.0025 \times (-25) = 0.05$$

$$V_{Bat0C^\circ} = 0.7 + 0.05 = 0.75v$$

مثال EXAMPLE

دايود سلكوني فرق الجهد على طرفيه في الانحياز الامامي يساوي (1.2v) وتيار امامي (100mA) فيمات يكون التيار العكسي (1μA) عند فولتية انحياز عكسية مقدارها (-10V) احسب

(1) المقاومة المطلقة (R_B) و المقاومة العكسية (R_R)

(2) المقاومة المتناوبة (r_d) عندما التيار يساوي (2.5mA) و (25mA)

Solution

$$r_B = \frac{VF - VT}{IF} = \frac{1.2 - 0.7}{100mA} = 5\Omega$$

$$R_R = \frac{VR}{IR} = \frac{10v}{1\mu A} = 10M\Omega$$

$$r_j = \frac{50mv}{2.5} = 20\Omega$$

$$Rd = R_B + r_j = 5 + 10 = 15\Omega$$

$$r_j = \frac{50mv}{25mA} = 2\Omega$$

$$Rd = R_B + r_j = 5 + 2 = 7\Omega$$

مثال EXAMPLE

وصلة P-N مصنوعة من السليكون . كثافة الشوائب في طبقة P (10^{22} carrier/m³) ، وفي طبقة N (1.2×10^{21} carrier/m³) . أوجد :
A . الجهد الحراري Thermal Voltage .
B . جهد الإعاقعة عند درجة حرارة 25 °C

Solution

كثافة الشوائب في الطبقة P هي N_A والتي تساوي 10^{22} carrier/m³ . بينما كثافة الشحنات في الطبقة N هي N_D والتي تساوي 1.2×10^{21} carrier/m³

$$V_T = KT/q$$

$$= 1.38 \times 10^{-23} \times (25 + 273) / 1.6 \times 10^{-19}$$

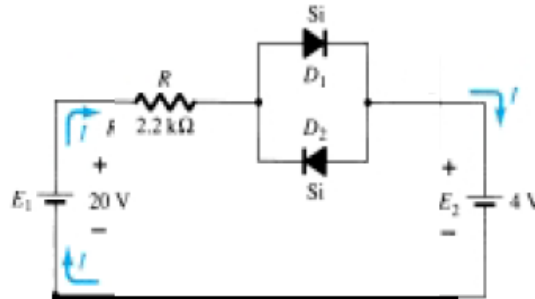
$$= 25.7 \text{ mV}$$

$$V_B = V_T \ln (N_A \cdot N_D / n_i^2)$$

$$= 25.7 \times 10^{-3} \ln (10^{22} \times 1.2 \times 10^{21} / (1.5 \times 10^{16})^2)$$

$$= 0.634 \text{ V}$$

بالنسبة لكثافة الحاملات n_i الموضوع في الحل فهي كثافة تركيز الحاملات في المتر المكعب بالنسبة للسليكون (أي أنها قيمة ثابتة)

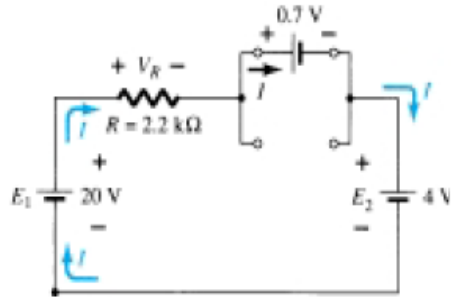


مثال EXAMPLE

حدد التيار المار بالدائرة الموضحة بالشكل ادناه

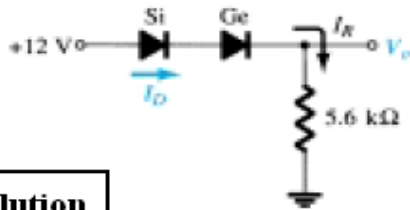
Solution

يمكن إعادة رسم الدائرة بالاعتماد على انحياز الدايودين وكما موضح بالرسم ادناه



$$I = \frac{E_1 - E_2 - V_D}{R} = \frac{20 \text{ V} - 4 \text{ V} - 0.7 \text{ V}}{2.2 \text{ k}\Omega} \cong 6.95 \text{ mA}$$

مثال EXAMPLE

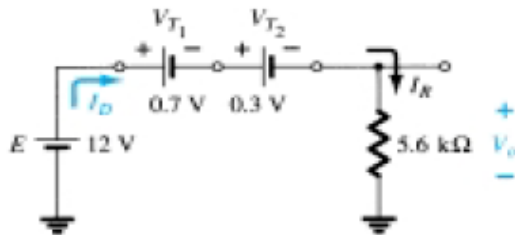


أحسب فولتية الاخراج V_o , I_D للدائرة الموضحة بالشكل ادناه
مع رسم الدائرة المكافئة

Solution

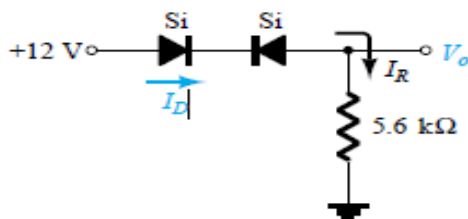
$$V_o = E - V_{T_1} - V_{T_2} = 12 \text{ V} - 0.7 \text{ V} - 0.3 \text{ V} = 11 \text{ V}$$

$$I_D = I_R = \frac{V_R}{R} = \frac{V_o}{R} = \frac{11 \text{ V}}{5.6 \text{ k}\Omega} \cong 1.96 \text{ mA}$$

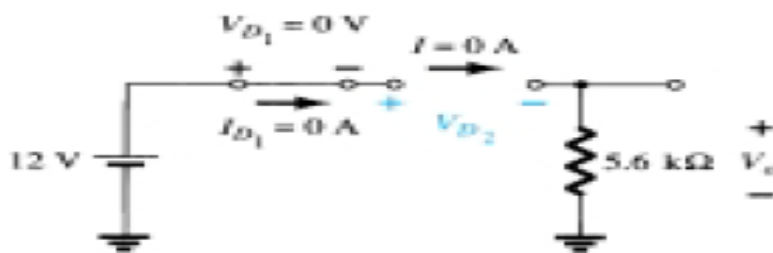


الدائرة المكافئة

مثال HW EXAMPLE



في الدائرة الموضحة ادناه احسب I_D , V_{D_2} , V_o
وارسم الدائرة المكافئة



$$V_o = I_R R = I_D R = (0 \text{ A}) R = 0 \text{ V}$$

$$V_{D_2} = V_{\text{open circuit}} = E = 12 \text{ V}$$

Applying Kirchhoff's voltage law

$$E - V_{D_1} - V_{D_2} - V_o = 0$$

$$V_{D_2} = E - V_{D_1} - V_o = 12 \text{ V} - 0 - 0 = 12 \text{ V}$$

$$V_o = 0 \text{ V}$$

أنواع الداىودات Diode Types

يمكن ان تقسم الداىودات بالاعتماد على التطبيقات العملية المستخدمة فيها ومن اشهر
انواع الداىودات هي :-

١. **ثنائي القدرة او التقيوم (Power Diode – Rectifier)** وهو عنصر الكتروني مصنوع من السلكون (Si) او الجرمانيوم (Ge) مكون من وصلة (P-N) يعمل في الانحياز الامامي (FB) ولا يعمل في حالة الانحياز العكسي (RB) ويستعمل بشكل واسع في دوائر التوحيد (Rectifier) أي تحويل التيار المتناوب الى تيار مستمر (AC – DC) كما يستعمل في دوائر المقطعات (Clipper) ودوائر مضاعفات الجهد المستمر (Voltage Doubler) ويرمز له بالرمز ادناه



٢. ثنائي الزنير (Zener Diode)

وهو عنصر الكتروني يعتبر الاساس في عملية تنظيم الفولتية المستمرة وذلك بالاعتماد على عملة في بالانحياز العكسي . فيما يعمل بالانحياز الامامي مثل عمل الداىود الاعتيادي . وسنتناوله بالشرح المفصل في المحاضرات القادمة . ويرمز له بالرمز الموضح ادناه :

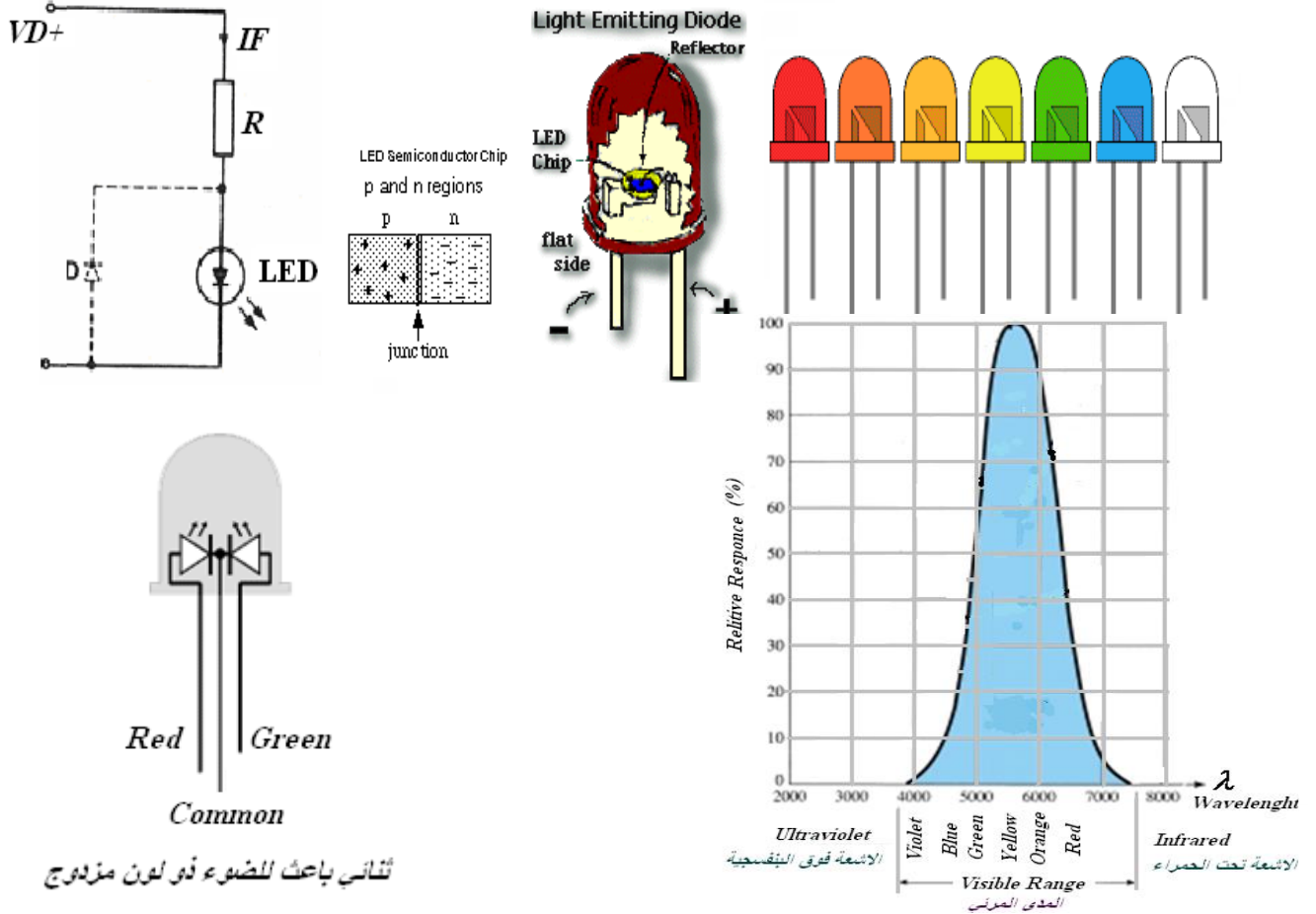


٣. الثنائي الباعث للضوء (LED) Light Emitting Diode

وهو عنصر الاكتروضوئي (Optoelectronic) يعمل بالانحياز الامامي وبفولتيات تتراوح من (1.5v – 3.3v) . ويعتمد عمله على اطلاق ضوء نتيجة سقوط الالكترونات من حزمة التكافؤ الى حزمة التوصيل حيث يتم التحكم بلون الضوء الساقط بالاعتماد على العنصر المستخدم في صناعة المادة شبه الموصله وكما موضح بالجدول ادناه .

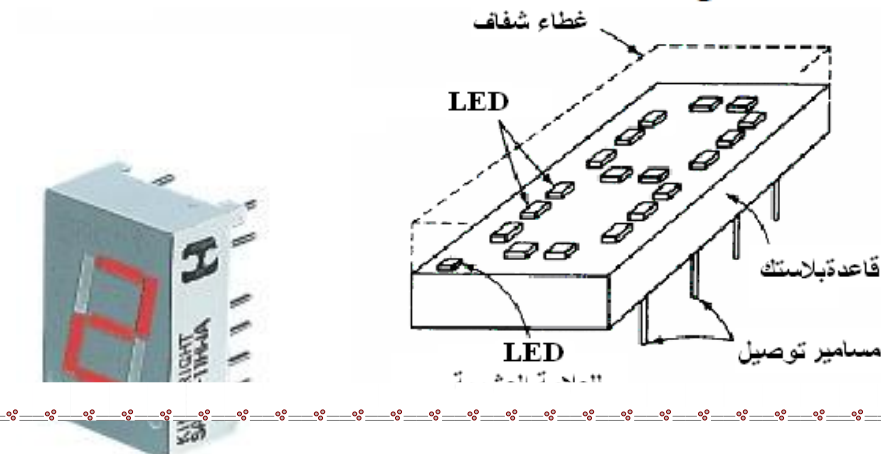
المادة شبه الموصله المصنوع منها LED	اللون المشع من الثنائي LED
جاليليوم الزرنيخ GaAs	يشع الاشعة تحت الحمراء (غير مرئية)
جاليليوم الفوسفيد GaP	يشع اللون الحمر او الاخضر
جاليليوم الزرنيخ الفوسفيد GaAsP	يشع اللون الاحمر او الاصفر
جاليليوم النتروجين GaN	يشع لون ازرق

ولأن LED يعمل على جهد أمامي صغير لا يتعدى بضع من الفولتات توصل معه مقاومة على التوالي تحد من التيار شكل ادناه كما يوصل موحد في انحياز عكسي لحمايته من الجهد العكسي.



بعض استخدامات الثنائي الباعث للضوء :

- 1 - في العدادات الرقمية
- 2 - في الحاسب الآلي
- 3 - في أنظمة الاتصالات الضوئية
- 4 - يستخدم في حاسبات الجيب لإظهار الأرقام والحروف والإشارات والرموز حيث تتركب مجموعة من LED لتكوين ما يسمى بشرائح السبعة أجزاء 7-Segment كما بالشكل ادناه



٤. الدايد الضوئي Photo Diode

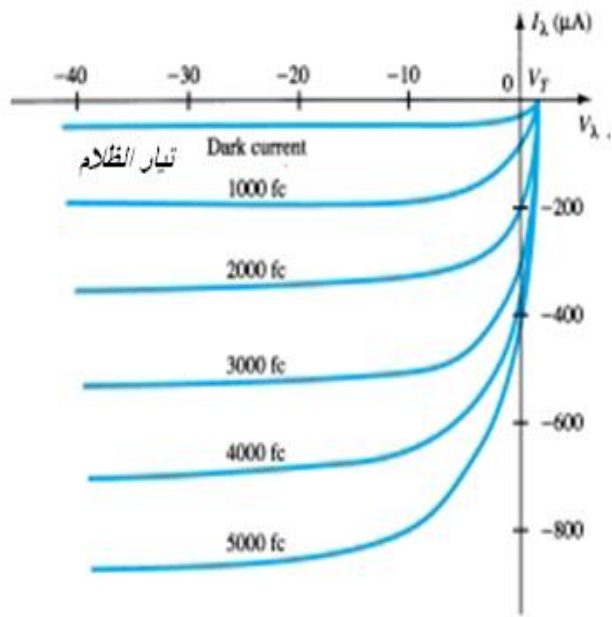
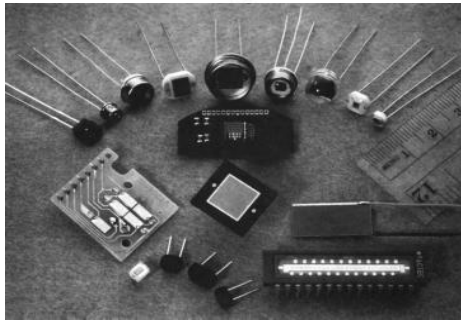
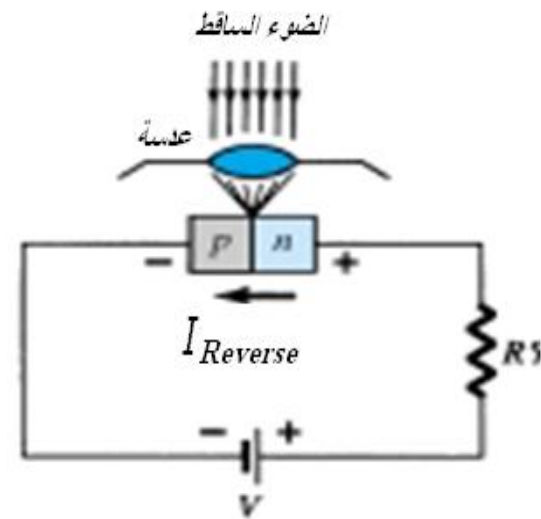
وهو عنصر من عناصر الالكترونك الضوئي (Optoelectronic) يعمل بالانحياز العكسي حيث يعتمد عمله على كمية الضوء الساقط على النافذة الزجاجية المقابلة لوصلة البلورتين (P-N) حيث يتولد ازدواج الكترون فجوة يزداد بزيادة كمية الضوء الساقط .

حيث يدعى التيار العكسي المار بدون سقوط أي كمية من الضوء بتيار لظلام (Dark Current) والشكل ادناه يوضح الرمز للدايد الضوئي ورسم الخواص حيث تقاس شدة الضوء بكمية تدفق الاضاءة (Luminous Flux) والذي يقاس بوحدة (lm) Lumens حيث ان :-

$$1 \text{ lm} = 1.496 * 10^{-10} \text{ w}$$

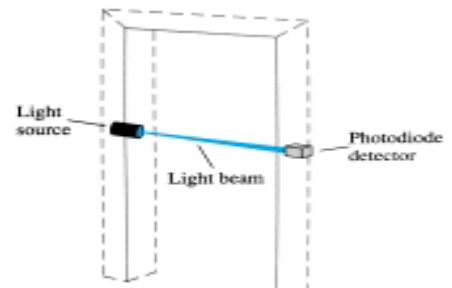
$$1 \text{ lm/ft}^2 = 1 \text{ fc} = 1.609 * 10^{-9} \text{ W/m}^2 \quad \text{وان}$$

حيث ان:- (Foot Candle) ft قدم شمعة



منحنى خواص الدايد الضوئي

Characteristics Photodiode



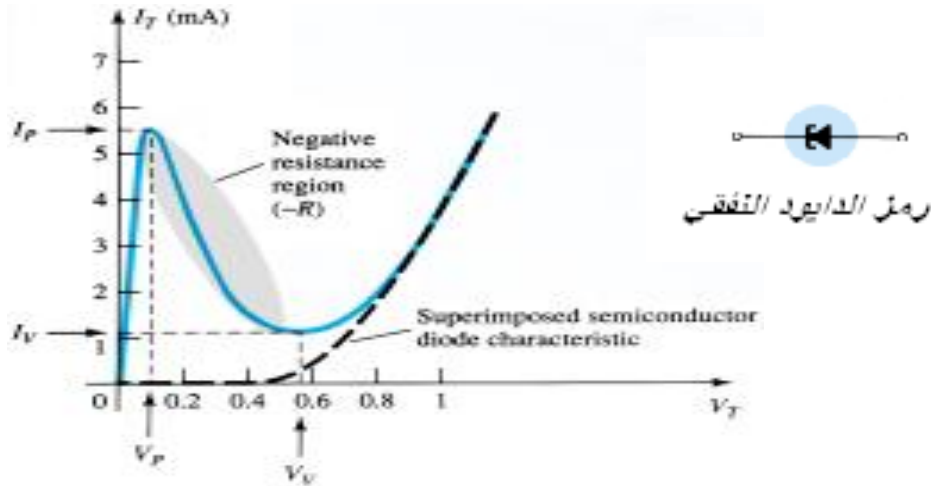
٥. الدايود النفقي Tunnel Diode

وهو عنصر الكتروني مكون من بلورتين من (P-N) مصنع بطريقة تشويب عالية تصل الى مايعادل 1000 مره اكثر من الدايود العادي ونتيجة لذلك هناك ثلاثة تاثيرات هي :-

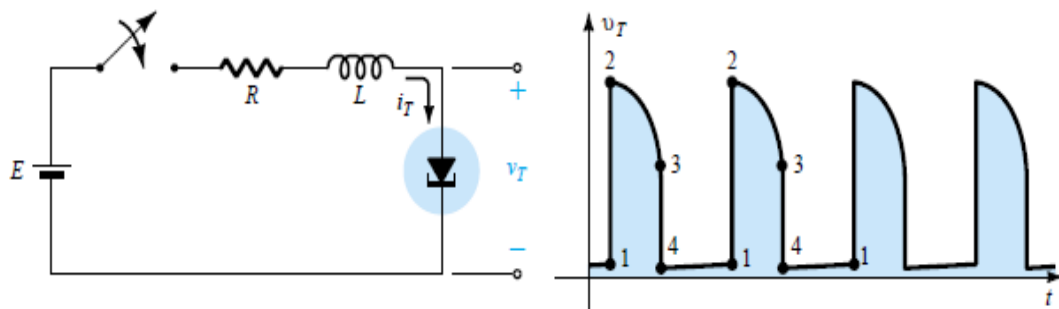
A. تقليل عرض منطقة الاستنزاف (Depletion Layer) لتكون صغيرة جداً" تصل الى (0.00001 mm) ممايمكن الازدواج الكترون فجوه من اختراق منطقة الاستنزاف بجهد انحياز امامي قليل بحدود (0.05)

B. تقليل فولتية الانهيار العكسية لتقترب من الصفر

C. نشوءمنطقة مقاومة سالبة (Negative Resistance) في خواصة الامامية (V/I) وكما موضح في رسم الخواص الموضح ادناه



يمكن استخدام هذا النوع من الثنائيات في العديد من التطبيقات منها استخدامه كمفتاح ذو سرعة عالية وكذلك في مذبذبات ترددات المايكروويف وكمدبذب للحصول على نبضات وكما موضح بالشكل ادناه :-

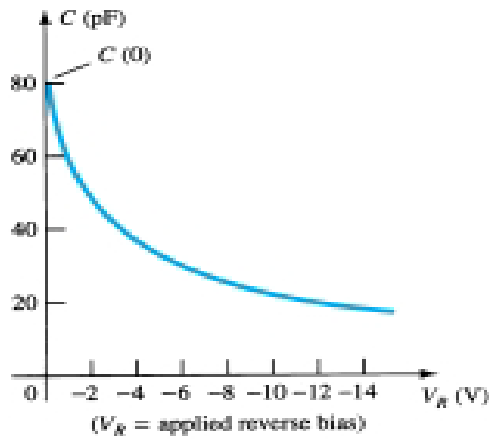


دائرة الحصول على نبضات باستخدام الدايود النفقي Tunnel diode

٦. الدايدود السعوي (VVC) Voltage – Variable Capacitance

وهو ثنائي يعتمد عمله على السعة الموجودة في الوصلة (P – N) عند تعرض الدايدود للانحياز العكسي حيث تتغير قيمة هذه المتسعة مع تغير الفولتية العكسية الذي يسبب تغير بعرض منطقة الاستنزاف بين البلورتين

والمنحني اناه يوضح منحني خواص للدايدود السعوي حيث يوضح العلاقة بين الفولتية العكسية والسعة الذاتية للوصلة (P-N) يستخدم هذا النوع من الثنائيات في دوائر توليف الراديو بدلا من المتسعات المتغيرة ميكانيكيا" وفي دوائر (PLL)



٧. ثنائي (PIN) PIN –Diode

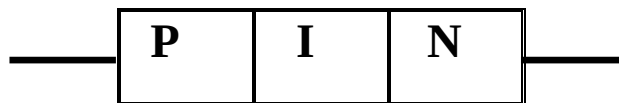
وهو ثنائي مكون من ثلاثة طبقات PN وبينهما طبقة (I) وهذه الطبقة من السلكون النقي (غير المشوب) لتعطي الثنائي ممانعة عالية نسبيا" هذه الممانعة تفيد في :-

(١) تقليل السعة بيت البلورتين (P) و (N)

(٢) قابلية وجود مجال كهربائي عالي بين البلورتين

ويستخدم هذا النوع من الثنائيات كمفتاح للترددات العالية التي تصل الى (GHz)

كما يستخدم في التضمين السعوي للترددات العالية جدا"

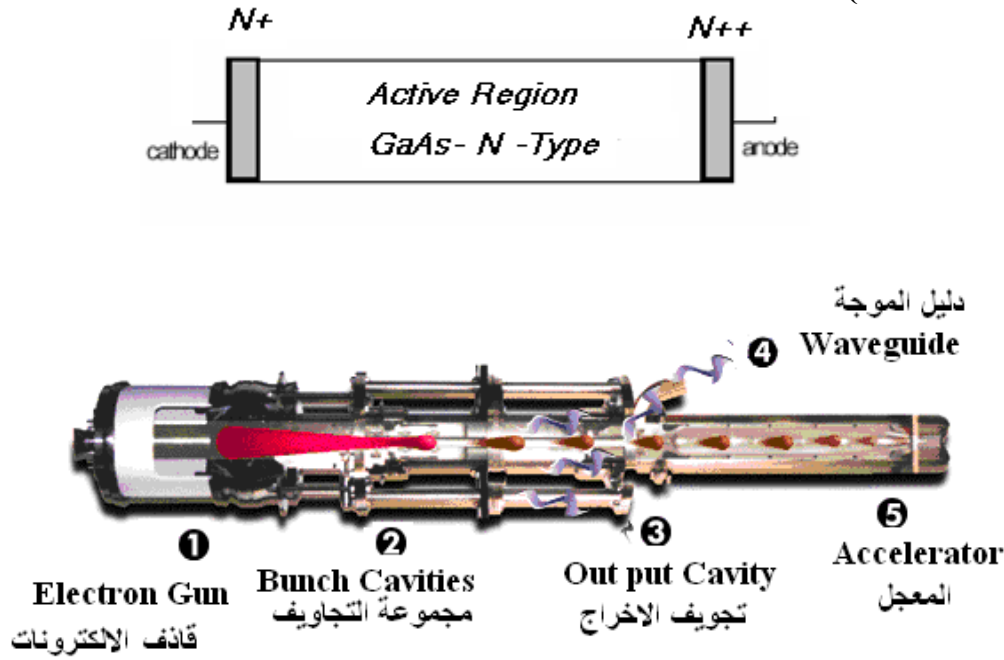


٨. ثنائي المدفع Gunn Diode

وهو ثنائي يصنع من طبقة بنية (Sandwiched) من بلورة من نوع (N) مصنوعة من مادة الجالييوم الزرنيخ (Gallium Arsenide) تمثل المقطع المركزي والتي تسمى المنطقة الفاعلة (Active Region) فيما يصنع الطرفين من نفس مادة (GaAs) مع زيادة التشويب وموصلية عالية .

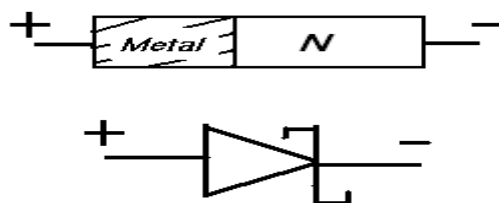
ويستعمل هذا النوع من الثنائيات في تطبيقات مذبذبات الترددات المايكروويف العالية (35GHz/ Pout 1mw ---- 5GHz/ pout 100mw) وبكفاءة

(3% - 5%)



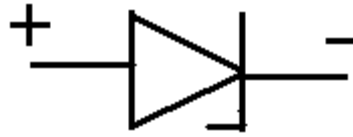
٩. ثنائي شوتكي Schottky Diode

وهو عنصر الكتروني يصنع من بلورة سلكون نوع (N) من جهة والجهة الاخرى تصنع من معدن عالي التوصيل مثل (الذهب او الفضة او البلاتنيوم) هذا النوع من الثنائيات هو احادي القطبية حيث لا توجد فية طبقة استنزاف او خزن شحنة لذلك تكون قابلية التحول من الغلق الى الفتحة (ON - OFF) سريعة جدا" مقارنة بالثنائيات الاخرى



10. ثنائي الرجوع العكسي Step – Recovery Diode

وهو ثنائي ذو مستوى تطعيم قليل قرب الوصلة حيث يعمل خلال التوصيل الامامي كثنائي عادي اما عند الانحياز العكسي فانه يوصل ثم يهبط التيار العكسي بصورة مفاجئة الى الصفر ويسمى بثنائي الفرقعة
ويستخدم في دوائر النبضات والدوائر الرقمية لان عملية الغلق والفتح تتم باقل من واحد نانو ثانية كما يستخدم في دوائر مضاعفات التردد



عن امير المؤمنين علي (عليه السلام) انه قال :-

الحلم غطاء ساتر والعقل حسام
قاطع فأستر خلل خلقك بحلمك
وقاتل هواك بعقلك

نهج البلاغة

تطبيقات الدايود Diode Applications

DC Load Line Analysis تحليل خط الحمل المستمر

ان تطبيق الحمل يكون مهم التأثير على نقطة ومنطقة عمل العنصر وخط الحمل المستمر هو خط مستقيم يرسم على منحني الخواص للدايود وان نقطة تقاطع ذلك الخط مع منحني الخواص تمثل نقطة عمل الدايود (Q-point) وتحليل الدائرة الموضحة بالشكل رقم (a) نطبق قانون كريشوف لحساب فرق الجهد حيث ان :-

$$E - VD - VR = 0$$

$$E = VD + IDR \text{-----} (1)$$

ومن المعادلة اعلاه نلاحظ ان المتغيرات

(b) (VD) و (ID) هما المحوران الاساسيان في رسم خواص الدايدود المتمثل بالشكل رقم (b) حيث يمكن رسم خط الحمل وتحديد النقطتين وكما يلي :-

$$if \cdot VD = 0$$

$$E = VD + IDR$$

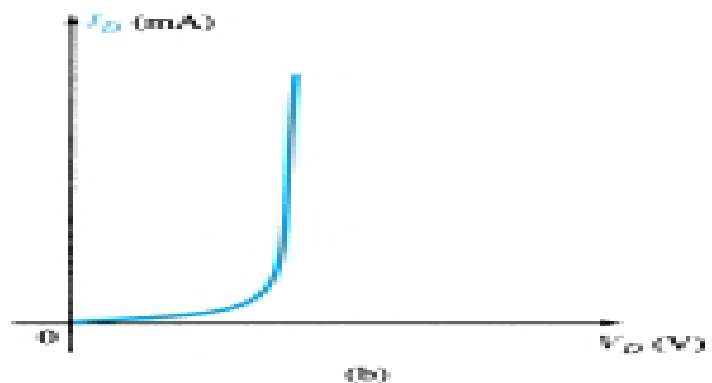
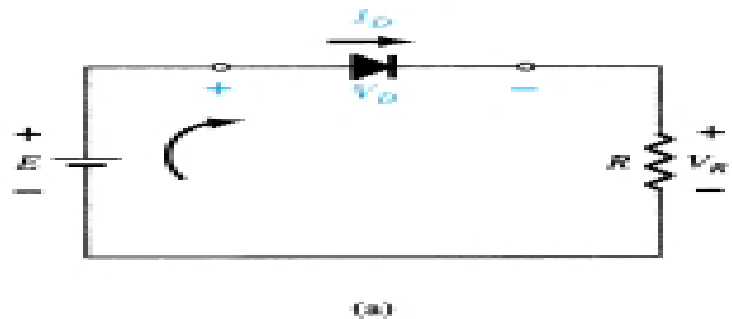
$$E = 0 + IDR$$

$$ID = \frac{E}{R} \Big|_{VD=0} (first - point)$$

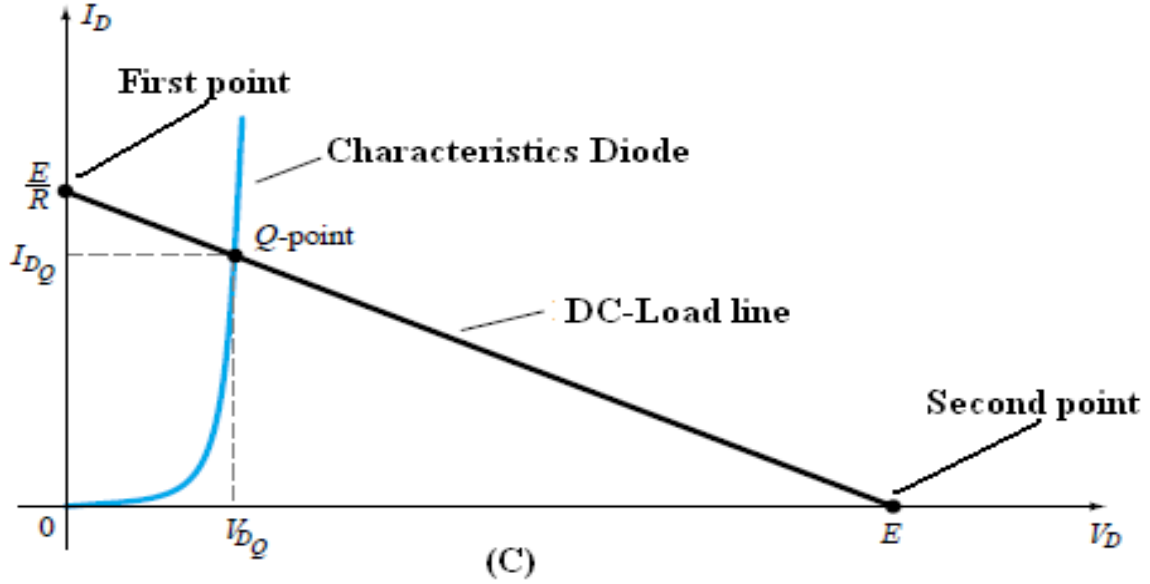
$$if \cdot ID = 0$$

$$E = VD + 0 \times R$$

$$E = VD \Big|_{ID=0} (Second - Point)$$



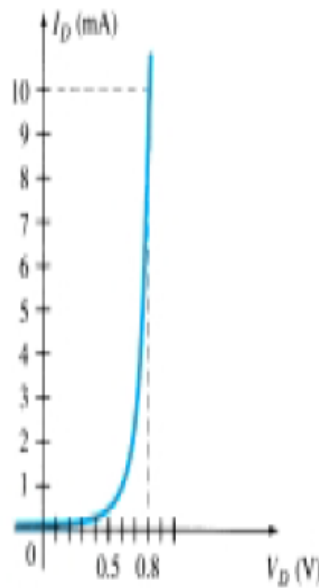
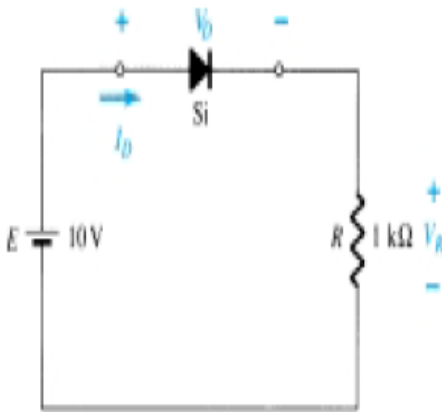
وعلى يمكن تحديد هاتين النقطتين على منحي الخواص ورسم الخط المستقيم الواصل بينهما ونقطة تقاطعه مع منحي الخواص هي نقطة عمل الدايود وكما موضح بالشكل (C) وان تيار الانود عند هذه النقطة هو تيار الانود الساكن (I_{DQ}) والفولتية عندها تمثل فولتية الدايود الساكنة (V_{DQ})



مثال EXMPLE

في الدائرة الموضحة أدناه وباستخدام منحي خواص

الدايود أحسب I_{DQ} V_R V_{DQ}



Solution

$$I_D = \frac{E}{R} \Big|_{V_D=0 \text{ V}} = \frac{10 \text{ V}}{2 \text{ k}\Omega} = 10 \text{ mA}$$

$$V_D = E \Big|_{I_D=0 \text{ A}} = 10 \text{ V}$$

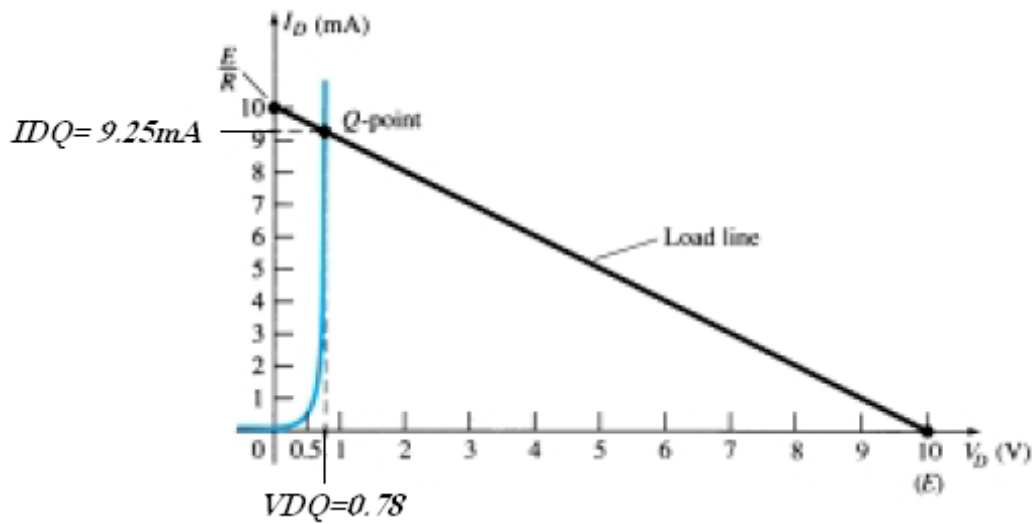
$$V_{D_Q} \cong 0.78 \text{ V}$$

$$I_{D_Q} \cong 9.25 \text{ mA}$$

نقطة تقاطع خط الحمل مع منحي الخواص هي نقطة

عمل الدايود ومنها يمكن تحديد I_{D_Q} , V_{D_Q}

$$V_R = I_{D_Q} R = (9.25 \text{ mA})(1 \text{ k}\Omega) = 9.25 \text{ V}$$

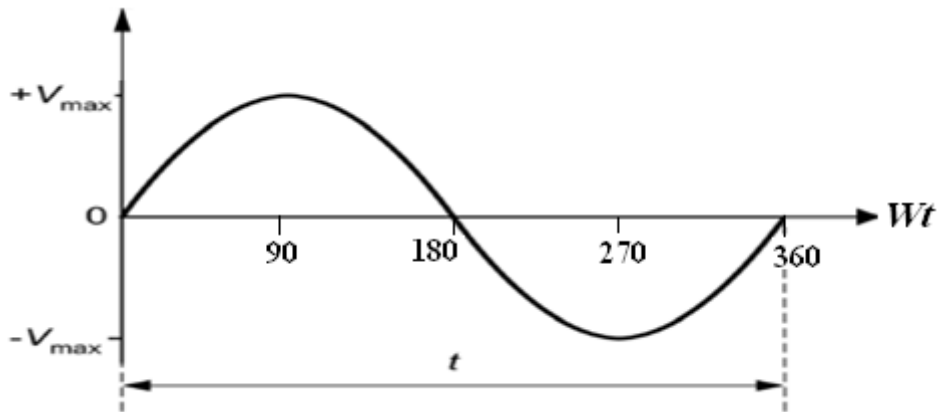


اعد تحليل الدائر عندما تكون المقاومة ($2\text{k}\Omega$) وارسم خط الحمل وحدد نقطة عمل الدايود
(HW) واجب بيتي

الموجة الجيبية Sine Wave

من اهم تطبيقات الثنائي هو اعتماده كعنصر اساسي في دوائر التوحيد (Rectifiers) للموجة الجيبية (sine wave) وقبل الدخول في التفاصيل في انواع الموحدات وطريقة عملها والتحليلات الرياضية لها يجب التعرف على انماط القياس للموجة الجيبية وخواصها والتي يمكن تلخيصها بما يلي

١. الدورة الواحدة تمتد من (0-----360) او 2π
 ٢. قطبية الموجة الجيبية تنعكس كل نصف دورة
 ٣. اعظم قيمة للموجة الجيبية تحصل عند الفترة (90) في النصف الموجب
ينظرها اعظم قيمة في النصف السالب عند الفترة (270)
 ٤. تكون القيمة مساوية للصفر عند نقطة الاصل وكذلك عند الفترة (180)
 ٥. الموجة الجيبية تتغير بسرعة عند القيم القريبة من الصفر فيما يكون التغير بطيء عند الاقتراب من القيم العظمى الموجبي والسالبة
- والشكل الموجي ادناه يوضح هذه الخواص



القيم المختلفة للفولتية والتيار للموجة الجيبية Different Value of Sinusoidal Voltage and Current

اولاً:- القيمة اللحظية Instantaneous Value

وهي القيمة الدقيقة للتيار او الفولتية عند أي لحظة من الزمن ويعبر عنها رياضياً
بالعلاقة التالية :-

$$i = I_m \sin \theta = I_m \sin \omega t = I_m \sin 2\pi f t$$

ثانياً:- القيمة العظمى Peak Value or Max Value

وهي اعظم قيمة للتيار او الفولتية يمكن تحصيلها من نصف دورة وتكون في النصف
الموجب عند الزاوية 90 وفي النصف السالب عند الزاوية 270 ويمكن قياسها بجهاز
الاولسكوب

ثالثاً:- اعظم قمة الى قمة Peak to Peak Value

وهي الفولتية او التيار الناتجة من حاصل جمع نصفي الموجة الموجب
والسالب ويمكن قياسها بواسطة جهاز الاولسكوب

رابعاً:- جذر متوسط القيمة الرئيسية (القيمة الفعالة) Root Mean Square (R M S)

وتدعى كذلك بالقيمة الفعالة (Effective Value)

وهي قيمة الفولتية او التيار عند الزاوية 45 درجة ويمكن تمثيلها رياضياً
بالعلاقة التالية :-

$$I_{RMS} = \frac{I_M}{\sqrt{2}} = 0.707 I_M$$

وتقاس القيمة الفعالة للتيار او الفولتية بواسطة جهاز الاميتر والفولتمتر

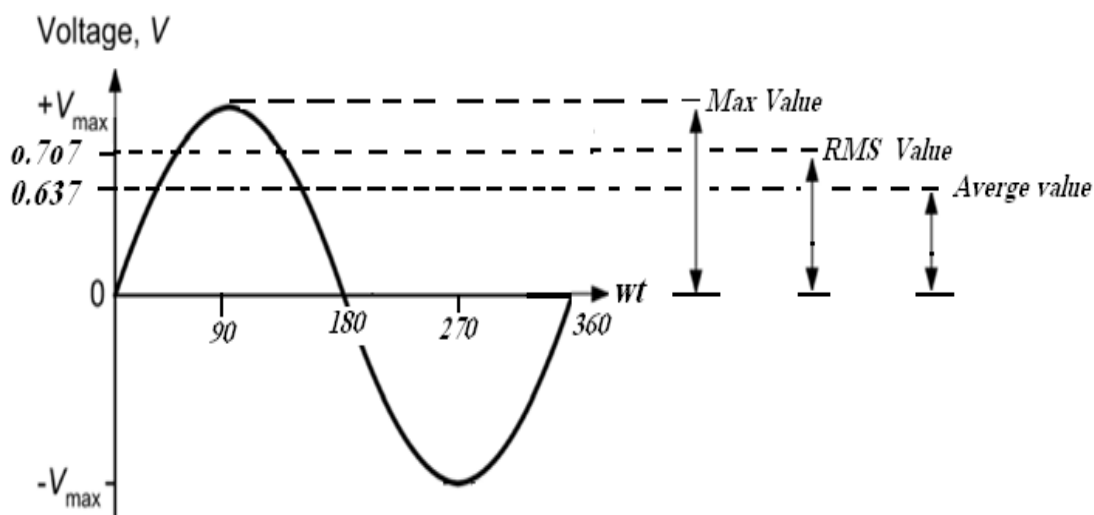
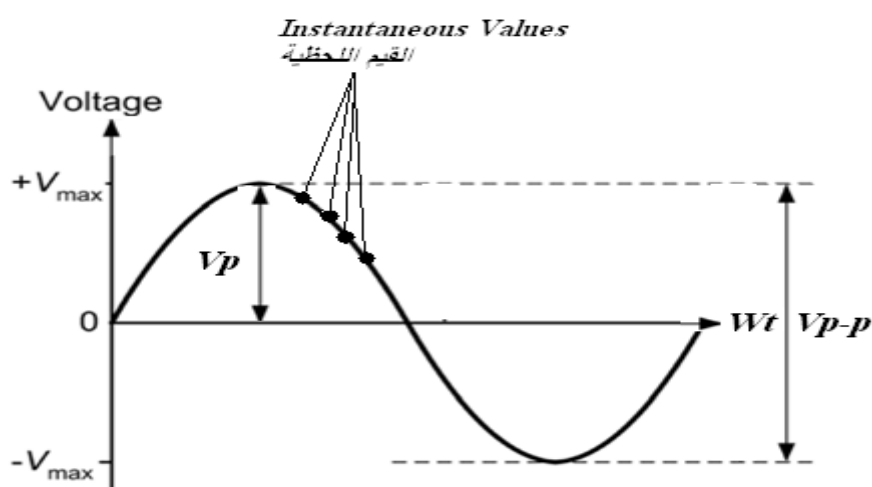
خامساً:- معدل القيمة Average Value(I_{av})

وهي معدل القيمة الرياضية لكل القيم اللحظية لنصف دورة من الموجة ويمكن حسابها من العلاقة التالية :

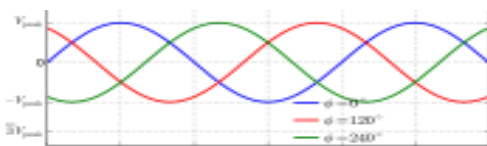
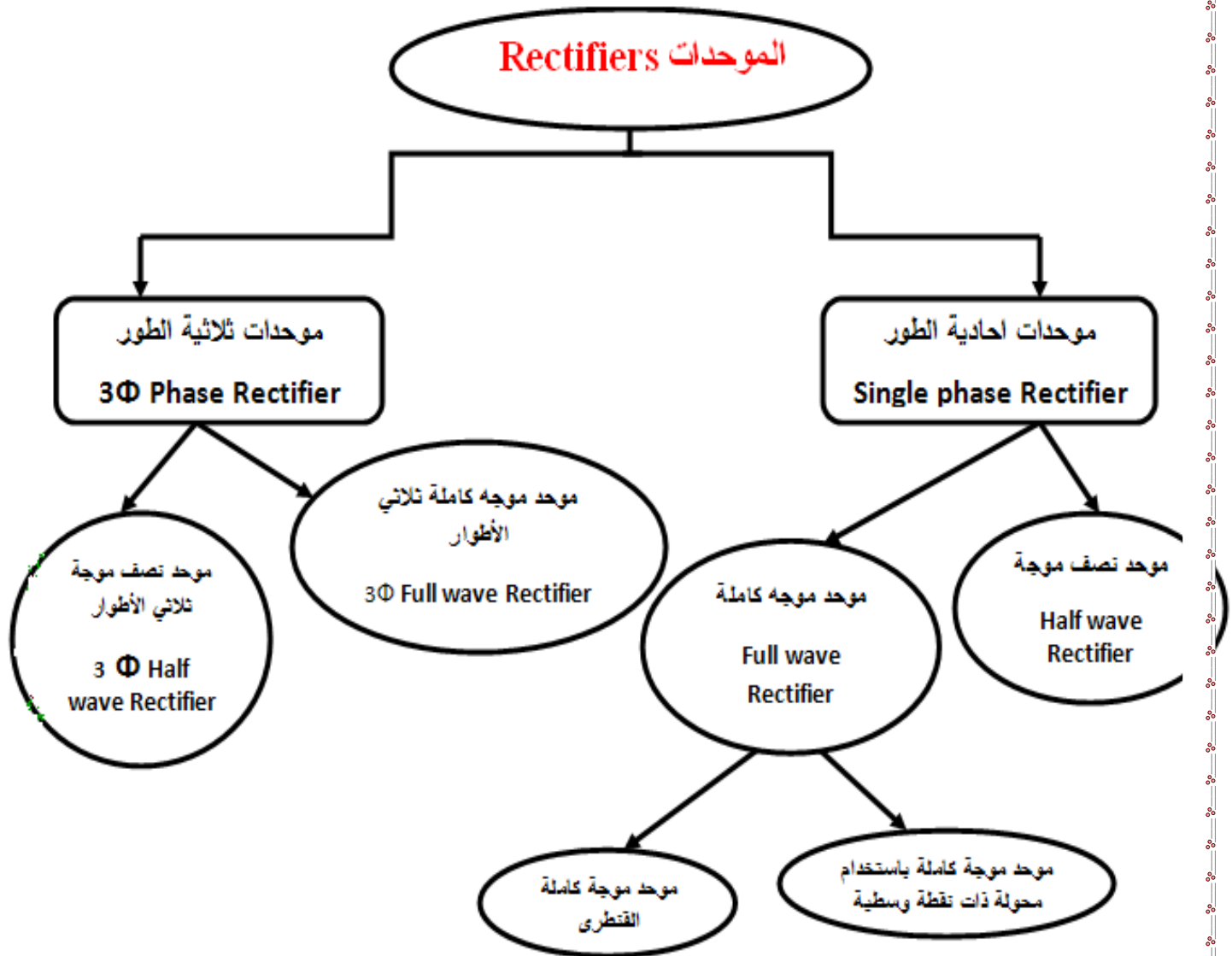
$$I_{av} = \frac{2IM}{\pi}$$

$$I_{av} = 0.637IM$$

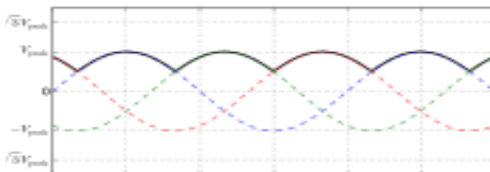
ادناه الاشكال الموجية التي توضح القيم المختلفة للموجة الجيبية



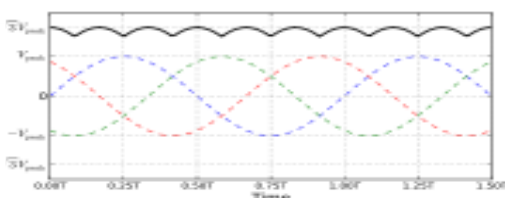
المخطط الكتلي ادناه يوضح تصنيف الموحدات



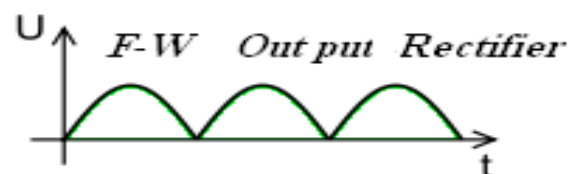
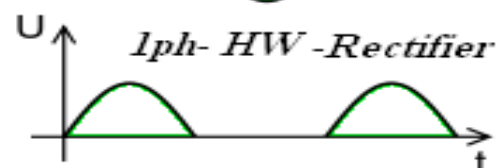
H-W out put 3ph - Rectifier



F-W out put 3ph- Rectifier

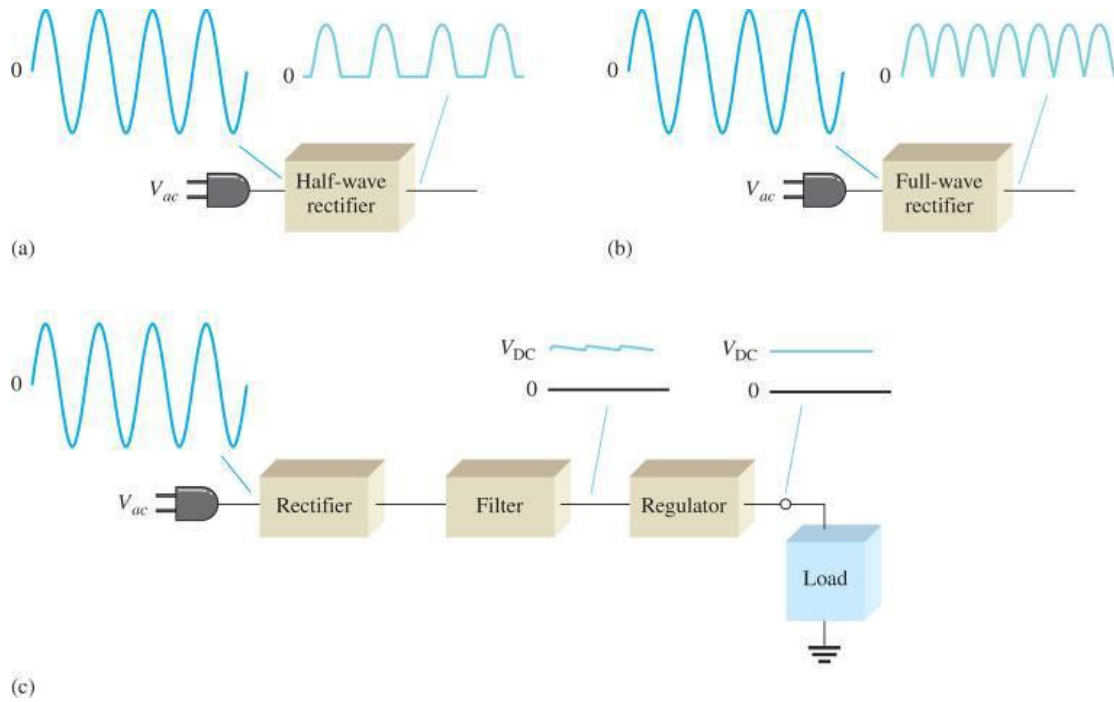


1ph input



دوائر التوحيد Rectifier Circuit

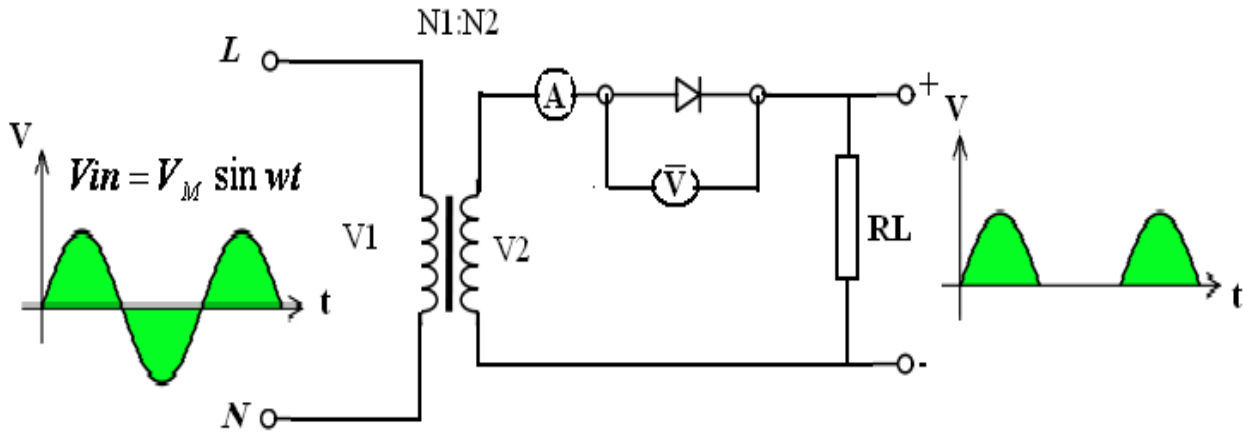
الموحدات هي دوائر الكترونية تعمل على تحويل الفولتية المتناوبة (AC) الى فولتية مستمرة (DC) لتلبية احتياج فولتيات انحياز العناصر الالكترونية اضافة الى ان مصادر الفولتية المستمرة من انواع البطاريات السائلة والجافة والقابلة للشحن لاتلبي احتياج الدوائر الالكترونية من الفولتيات المناسبة كون تلك المصادر تستهلك مع الزمن لذلك اصبح من الضروري ايجاد بديل لتلك المصادر وذلك عن طريق تحويل الفولتيات المتناوبة الى فولتيات مستمرة او ما يسمى بعملية التوحيد (Rectifier). والتي تعتبر الاساس في بناء مجهزات القدرة المستمرة (DC- power supply) كما موضح في المخطط ادناه



حيث سنتناول منها بالتفصيل الموحدات احادية الطور .

١. موحد نصف موجة احادي الطور Single phase Half wave Rectifier

يبين الشكل ادناه ابط انواع الموحدات (موحد نصف موجة) حيث يجزئ الثنائي بالتيار المتناوب من مصدر عن طريق محولة (Transformer) وظيفتها الاساسية هي خفض الفولتية الى المقدار المناسب للدوائر الالكترونية حسب نسبة التحويل ($N1/N2$)



Single Phase Half Wave Rectifier دائرة موحد نصف موجة احادي الطور

حيث إن :-

$$\frac{V1}{V2} = \frac{N1}{N2}$$

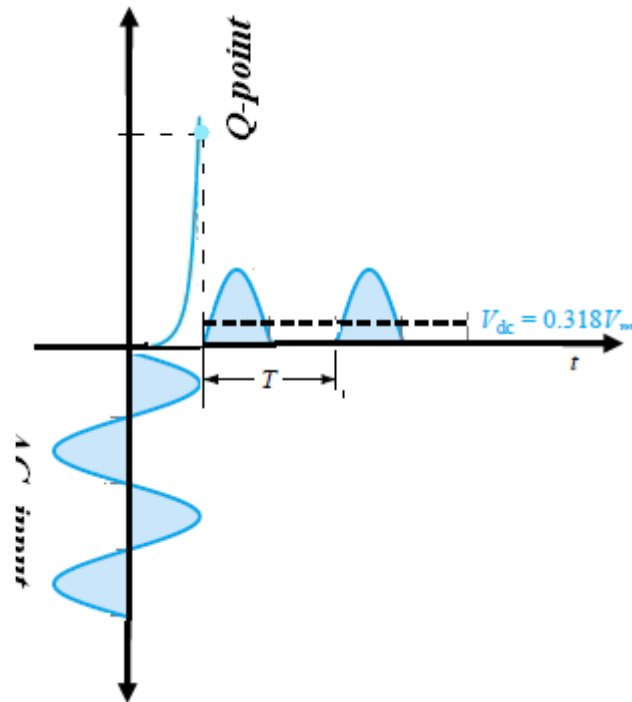
$$\therefore V2 = V1 \left\{ \frac{N2}{N1} \right\}$$

V1:- Primary voltage فولتية الملف الابتدائي

V2 :-Secondary Voltage فولتية الملف الثانوي

N1:- Number of winding primary عدد لفات الملف الابتدائي

N2:=== === ===Secondary عدد لفات الملف الثانوي



يتلخص عمل الدائرة كما موضح برسم
الخواص حيث يكون الثاني في حالة تسليط
النصف الموجب من موجة الادخال بالانحياز
الامامي وبذلك يكون ممرا "سهلا" للتيار ولذلك
يظهر النصف الموجب على مقاومة الحمل .

اما في حالة تسليط النصف السالب من موجة
الادخال فان الثاني يكون منحاز عكسيا حيث
يكون اشبة بالدائرة المفتوحة لا يمر من خلالها
التيار الى مقاومة الحمل لذلك سوف نلاحظ ان
الانصاف الموجبة هي فقط سوف تظهر الى
الخراج من على مقاومة الحمل .ومن خلال
عمل الدائرة نلاحظ ان تردد الخراج مساوي
الى تردد الادخال في هذا النوع من الموحدات

$$F_{out} = F_{in}$$

يمكن تمثيل موجة الادخال الجيبية بالمعادلة رقم (1)

$$V_{in} = VM \sin wt \dots \dots \dots (1)$$

$$I_{in} = IM \sin wt \dots \dots \dots (2)$$

$$\therefore i = \frac{V_{in}}{R_f + RL} \dots \dots \dots (3)$$

$$sub \dots (1) in \dots (3)$$

$$i = \frac{VM \sin wt}{R_f + RL}$$

$$\therefore I_M \sin wt = \frac{VM \sin wt}{R_f + RL}$$

$$\therefore I_M = \frac{VM}{R_f + RL}$$

يمكن حساب التيار المستمر (I_{dc}) من العلاقة الرياضية التالية :-

$$I_{dc} = \frac{1}{2\pi} \left[\int_0^\pi I_M \sin wt dw + \int_\pi^{2\pi} 0 dw \right]$$

$$I_{dc} = \frac{I_M}{2\pi} \left[-\cos wt \Big|_0^\pi + 0 \right]$$

$$I_{dc} = \frac{I_M}{2\pi} \left[-\cos \pi - (-\cos 0) \right]$$

$$I_{dc} = \frac{I_M}{2\pi} \left[-(-1) + 1 \right] \Rightarrow \frac{I_M}{2\pi} (2)$$

$$\therefore I_{dc} = \frac{I_M}{\pi} \dots or \dots I_{dc} = \frac{V_M / \pi}{R_f + RL}$$

ويمكن حساب القيمة الفعالة لمركبة التيار (I_{RMS}) من العلاقة الرياضية التالية:-

$$I_{RMS} = \left[\frac{1}{2\pi} \int_0^{\pi} i^2 dw t \right]^{\frac{1}{2}}$$

$$\sin^2 x = \frac{1 - \cos 2x}{2}$$

$$\cos^2 x = \frac{1 + \cos 2x}{2}$$

$$I_{RMS} = \left[\frac{1}{2\pi} \int_0^{\pi} I_M^2 \sin^2 w t dw t \right]^{\frac{1}{2}}$$

$$I_{RMS} = \left[\frac{I_M^2}{2\pi} \int_0^{\pi} \frac{1}{2} (1 - \cos 2w t) dw t \right]^{\frac{1}{2}}$$

$$I_{RMS} = \left[\frac{I_M^2}{4\pi} \left\{ w t + \frac{\sin 2w t}{2} \right\} \Big|_0^{\pi} \right]^{\frac{1}{2}}$$

$$I_{RMS} = \left[\frac{I_M^2}{4\pi} \left\{ \pi + \frac{\sin 2\pi}{2} - \left(0 + \frac{\sin 2 \times 0}{2} \right) \right\} \right]^{\frac{1}{2}}$$

$$I_{RMS} = \left[\frac{I_M^2}{4\pi} (\pi) \right]^{\frac{1}{2}}$$

$$\therefore I_{RMS} = \frac{I_M}{2}, \text{ and } V_{RMS} = \frac{V_M}{2}$$

معامل التموج لموحد نصف الموجة *Ripple Factor*

مما تقدم نلاحظ ان خرج دائرة موحد النصف موجة عبارة عن مركبتين مركبة متغيرة الشدة متمثلة بالقيمة الفعالة للتيار او الفولتية واخرى ثابتة متمثلة بالفولتية او التيار المستمر.

ويمكن تمثيل معامل التموج (γ) رياضيا" كما يلي :

$$\gamma = \frac{I_{RMS} (value \cdot of \cdot Ac - compnent)}{DC(value \cdot of \cdot load \cdot)}$$

$$\gamma = \frac{\Delta V_{RMS}}{V_{dc}} \dots\dots or \dots\dots \gamma = \frac{\Delta I_{RMS}}{I_{dc}} \dots\dots\dots (1)$$

$$\therefore \Delta I_{RMS} = \left[\frac{1}{2\pi} \int_0^{\pi} (i - I_{dc})^2 dwt \right]^{\frac{1}{2}}$$

$$\Delta I_{RMS} = \left[\frac{1}{2\pi} \int_0^{\pi} (i^2 - 2iI_{dc} + I_{dc}^2) dwt \right]^{\frac{1}{2}}$$

بعد حل التكامل نحصل على تكامل الحد الاول مساوي الى $(I_{RMS})^2$ وتكامل الحد الثاني مساوي الى $(2I_{dc}^2)$ وبذلك يكون معدل تغير القيمة الفعالة للتيار يساوي :-

$$\Delta I_{RMS} = \left[I_{RMS}^2 - 2I_{dc}^2 + I_{dc}^2 \right]^{\frac{1}{2}}$$

$$\Delta I_{RMS} = \left[I_{RMS}^2 - I_{dc}^2 \right]^{\frac{1}{2}}$$

بالتعويض بالمعادلة رقم (1)

$$\gamma = \frac{\left[I_{RMS}^2 - I_{dc}^2 \right]^{\frac{1}{2}}}{I_{dc}}$$

$$\gamma = \left[\left(\frac{I_{RMS}}{I_{dc}} \right)^2 - 1 \right]^{\frac{1}{2}}$$

وبالتعويض عن قيمة (I_{RMS}) و (I_{dc})

$$\gamma = \left[\left(\frac{I_M}{I_M/\pi} \right)^2 - 1 \right]^{\frac{1}{2}}$$

$$\gamma = \left[\left(\frac{\pi}{2} \right)^2 - 1 \right]^{\frac{1}{2}} = 1.211$$

جهد الذروة العكسي (PIV) Peak Inverse Voltage

وهو اعظم قيمة للجهد المسلط على الثنائي في حالة الانحياز العكسي ويجب ان يكون جهد الذروة العكسي (PIV) اقل من جهد الانهيار للثنائي للمحافظة على من التلف وفي موحد نصف الموجة يكون:-

$$PIV = V_M$$

كفاءة الموحد نصف الموجة Efficiency - Half wave Rectifier (ζ)

تعرف الكفاءة بانها النسبة بين قدرة الحمل المستمرة الى القدرة الكلية الداخلة للدائرة ويمكن حساب الكفاءة لموحد نصف الموجة من العلاقة الرياضية التالية

$$\zeta = \frac{P_{odc}}{P_{in}}$$

$$\zeta = \frac{I_{dc}^2 RL}{I_{RMS}^2 (rd + RL)} \times 100\%$$

$$\zeta = \frac{\left(\frac{I_M}{\pi}\right)^2}{\left(\frac{I_M}{2}\right)^2 (rd + RL)} = \left(\frac{I_M}{\pi}\right)^2 RL \times \frac{1}{\left(\frac{I_M}{2}\right)^2 (rd + RL)}$$

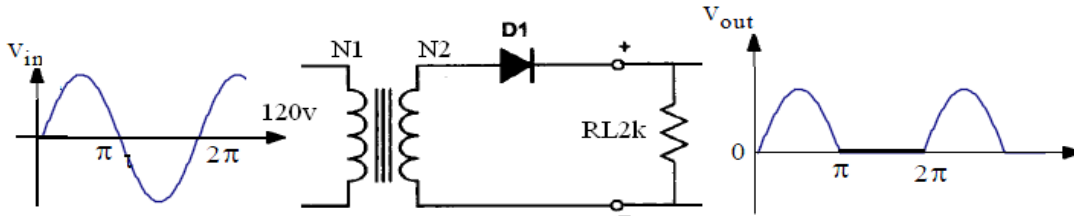
$$\zeta = \frac{4RL}{\pi^2 (rd + RL)}$$

if ... rd = 0 ... idel · Diode

$$\therefore \zeta = \frac{4}{\pi^2} = 0,405$$

EXAMPLE مثال

في دائرة موحد نصف موجة الموضحة ادناه نسبة التحويل لمحولة التجهيز تساوي
N2/N1= 1/4 احسب 1- جهد الحمل 2- جهد الذروة العكسي 3- معامل الترموج



Solution

$$V_p = V_{RMS} \times \sqrt{2} = 120 \times \sqrt{2} = 170V$$

$$V_2 = V_1 \left(\frac{N_2}{N_1} \right) = 170 \left(\frac{1}{4} \right) = 42.5V$$

$$V_{dc} = \frac{V_M}{\pi} = \frac{42.5}{\pi} = 13.5V$$

$$I_{dc} = \frac{V_{dc}}{r_d + R_L} = \frac{13.5}{0 + 2k} = 6.7mA$$

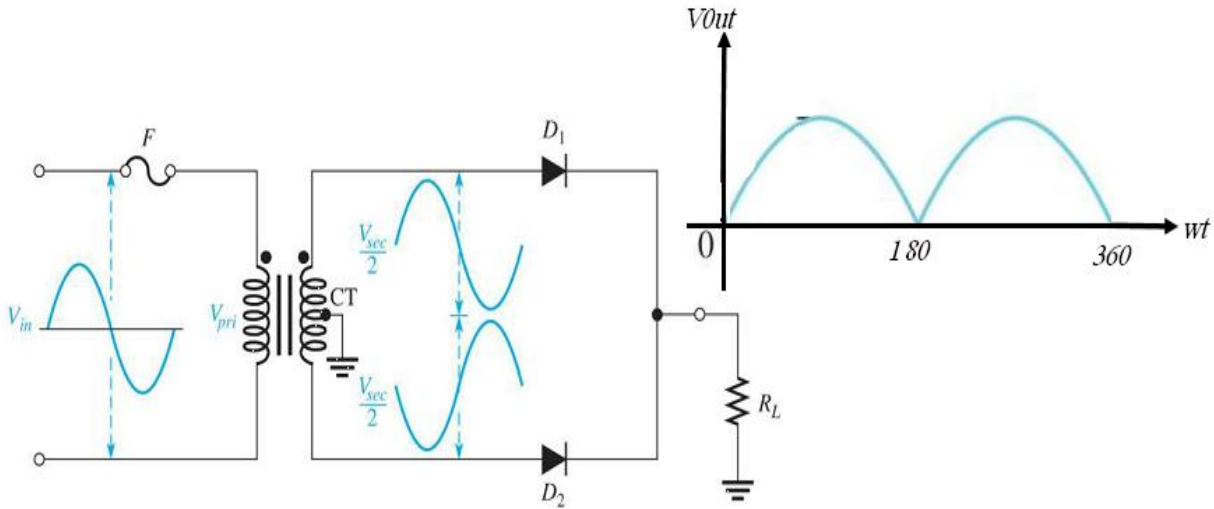
$$PIV = V_M = 42.5$$

$$\gamma = \frac{V_{RMS}}{V_{DC}} \frac{\frac{V_M}{\sqrt{2}}}{V_{dc}} = \frac{\frac{42.5}{\sqrt{2}}}{13.5} = 2.2$$

٢. موحد الموجة الكاملة Full Wave Rectifier

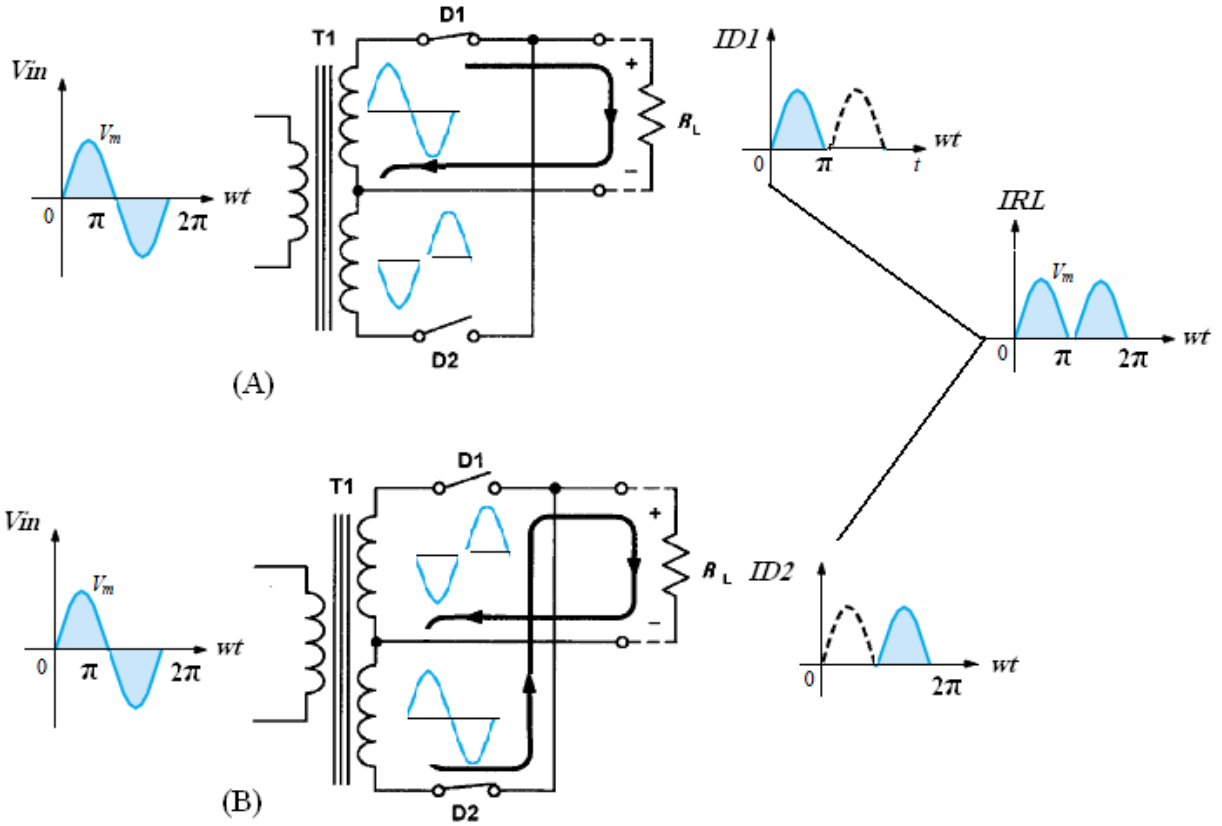
نظراً " لكون موحد نصف الموجة (H.W.R) يقوم بتمرير الانصاف الموجية من موجة الإدخال فيما يقطع الانصاف السالبة لأنها تعكس انحياز الثنائي لذا فان مقدار الطاقة لهذا النوع من التوحيد يكون منخفض اضافة الى ان كفاءته تكون قليلة كما انه لايلبي متطلبات مجهزات القدرة المستمرة المستخدمة في دوائر التيار العالي لذلك استخدمت موحّدات الموجة الكاملة (F.W.R) حيث يتم استغلال موجة الإدخال بنصفها الموجب والسالب وتنقسم دوائر توحيد الموجة الكاملة الى نوعين هما :-

A. موحد الموجة الكاملة باستخدام محولة ذات النقطة وسيطة Center-Tapped Full-wave Rectifier



في الدائرة الموضحة بالشكل اعلاه تتم عملية التوحيد لموجة كاملة باستخدام دايودين ومحولة ذات نقطة وسيطة حيث توفر المحولة ذات النقطة الوسيطة مصدرين فرق الطور بينهما 180 درجة ليعمل كل دايود عند انصف الموجب الذي يوفر الانحياز الامامي له حيث يعمل (D1) كمفتاح مغلق خلال النصف الموجب من موجة الدخال للقسم الاعلى كونه منحاز امامياً حيث يمر التيار من المحولة عبر الدايود (D1) ثم مقاومة الحمل (RL) ليعود الى المحولة عن طريق النقطة الوسطية فيما يكون (D2) منحاز عكسياً وكما موضح بالشكل (A) . والشئ نفسه يحصل في القسم الاسفل من المحولة حيث يكون

(D2) منحاز اماميا(مفتاح مغلق) فيما يكون (D1) منحاز عكسيا" وكما موضح بالشكل
(B).



ولحساب قيمة التيار المستمر (I_{dc}) في هذا النوع من الموحّدات من
العلاقة الرياضية التالية :-

$$I_{dc} = \frac{1}{2\pi} \int_0^{2\pi} i_d d\omega t$$

$$I_{dc} = \frac{1}{2\pi} \left[\int_0^{\pi} -I_M \sin \omega t d\omega t + \int_{\pi}^{2\pi} I_M \sin \omega t d\omega t \right]$$

$$I_{dc} = \frac{I_M}{2\pi} \left[-(-\cos \omega t) \Big|_0^{\pi} + (-\cos \omega t) \Big|_{\pi}^{2\pi} \right]$$

وبتعويض حدود التكامل لكلا الحدين نحصل على

$$I_{dc} = \frac{I_M}{\pi} + \frac{I_M}{\pi}$$

$$I_{dc} = \frac{2I_M}{\pi}$$

من خلال ايجاد قيمة التيار المستمر (I_{dc}) في موحد الموجة الكاملة نلاحظ انه ضعف قيمتها في موحد نصف الموجة .

ولحساب القيمة الفعالة للتيار (I_{RMS}) من العلاقة التالية :-

$$I_{RMS} = \left[\frac{1}{2\pi} \left(\int_0^{\pi} I_M^2 \sin^2 wtdwt + \int_{\pi}^{2\pi} I_M^2 \sin^2 wtdwt \right) \right]^{\frac{1}{2}}$$

$$I_{RMS} = \left[\frac{I_M^2}{2\pi} \left(\int_0^{\pi} \sin^2 wtdwt + \int_{\pi}^{2\pi} \sin^2 wtdwt \right) \right]^{\frac{1}{2}}$$

$$\therefore \sin^2 X = \frac{1}{2} (1 - \cos 2X)$$

$$I_{RMS} = \frac{I_M^2}{2\pi} \left[\int_0^{\pi} \frac{1}{2} (1 - \cos 2wtdwt) + \int_{\pi}^{2\pi} \frac{1}{2} (1 - \cos 2wtdwt) \right]^{\frac{1}{2}}$$

$$I_{RMS} = \frac{I_M^2}{4\pi} \left[wt - \frac{\sin 2wt}{2} \Big|_0^{\pi} + wt - \frac{\sin 2wt}{2} \Big|_{\pi}^{2\pi} \right]^{\frac{1}{2}}$$

$$I_{RMS} = \frac{I_M^2}{4\pi} \left[\left(\pi - \frac{\sin 2\pi}{2} - 0 - \frac{\sin 2 \times 0}{2} \right) + \left(2\pi - \frac{\sin 4\pi}{2} - \pi - \frac{\sin 2\pi}{2} \right) \right]^{\frac{1}{2}}$$

$$I_{RMS} = \left[\frac{I_M^2}{4\pi} (\pi) + \frac{I_M^2}{4\pi} (\pi) \right]^{\frac{1}{2}}$$

$$I_{RMS} = \left[\frac{I_M^2 + I_M^2}{4} \right]^{\frac{1}{2}} = \left[\frac{2I_M^2}{4} \right]^{\frac{1}{2}}$$

$$\therefore I_{RMS} = \frac{I_M}{\sqrt{2}}$$

ملاحظة في هذا النوع من الموحّدات فان تردد الاخراج في موحد الموجة الكاملة يساوي ضعف تردد الادخال
 $F_{out} = 2F_{in}$

كفاءة موحد الموجة الكاملة Efficiency Full Wave Rectifier

في هذا النوع من الموحّدات تتضاعف الكفاءة عن مثيلتها في موحد نصف الموجة بسبب ان في موحد الموجة الكاملة يتم توحيد نصفى موجة الادخال . ويمكن حساب كفاءة موحد الموجة الكامل من العلاقة الرياضية التالية :-

$$\zeta = \frac{P_{dc}}{P_{in}}$$

$$\zeta = \frac{I_{dc}^2 \times RL}{I_{RMS}^2 (rd + RL)}$$

$$\zeta = \frac{\left(\frac{2I_M}{\pi}\right)^2 RL}{\left(\frac{I_M}{\sqrt{2}}\right)^2 (rd + RL)} = \frac{\left(\frac{4I_M^2}{\pi^2}\right) RL}{\left(\frac{I_M^2}{2}\right) (rd + RL)}$$

$$\zeta = \frac{4I_M^2 \times RL}{\pi^2} \times \frac{2}{I_M^2 (rd + RL)}$$

$$rd = 0$$

$$\zeta = \frac{8}{\pi^2} = 0.81$$

معامل التموج في موحد الموجة الكاملة Ripple Factor F-W_Rectifier

من اشتقاق عامل التموج لموحد النصف موجة نعوض قيمة (I_{RMS})

$$\gamma = \left[\left(\frac{I_{RMS}}{I_{dc}} \right)^2 - 1 \right]^{\frac{1}{2}}$$

$$\gamma = \left[\left(\frac{\frac{I_M}{\sqrt{2}}}{\frac{2I_M}{\pi}} \right)^2 - 1 \right]^{\frac{1}{2}}$$

$$\gamma = \left[\left(\frac{\pi}{2\sqrt{2}} \right)^2 - 1 \right]^{\frac{1}{2}} = 0.482$$

وقيمة (I_{dc}) لموحد الموجة الكاملة وكما موضح في العلاقة الرياضية ادناه حيث نلاحظ النتيجة النهائية تشير الى ان عامل التموج في موحد الموجة الكامل اقل بكثير مما هو عليه في موحد النصف موجة بسبب ارتفاع مقدار الفولتية المستمرة في موحد الموجة الكاملة.

جهد الذروه العكسي في موحد الموجة الكاملة بالمحولة ذات النقطة الوسطية (PIV)

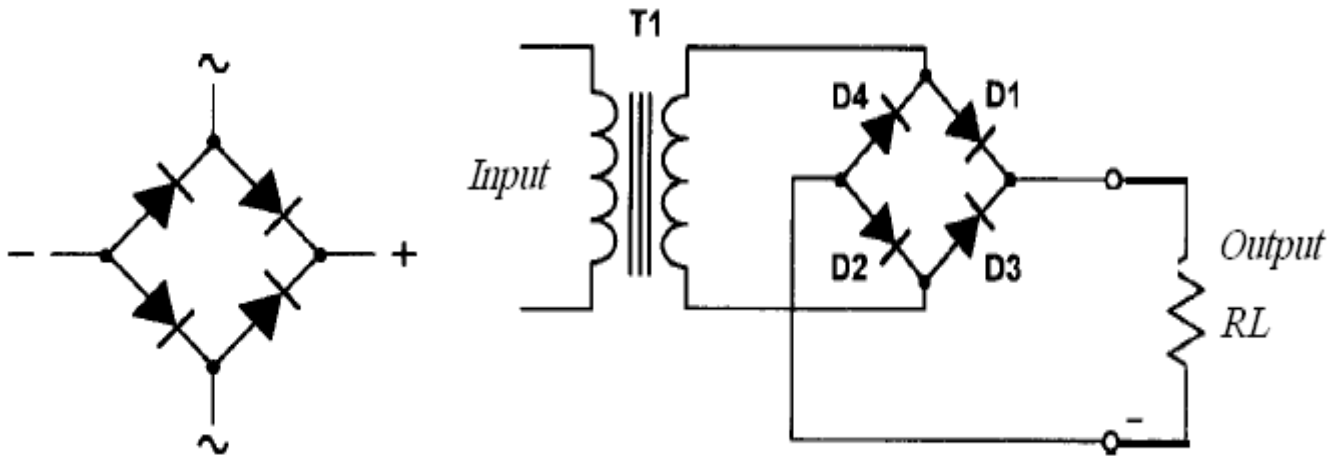
في حالة كون الثنائيات مثالية تكون PIV في موحد الموجة الكاملة ضعف قيمتها في موحد نصف الموجة بسبب كون الثنائي الاول منحاز اماميا" والاخر منحاز عكسيا" وكما موضح بالعلاقة الرياضية التالية :-

$$PIV = VP - (-VP) = 2VP$$

Bridge Full Wave Rectifier

B. موحد الموجة الكاملة القنطري

يمكن بناء دائرة توحيد موجة كاملة باستخدام اربعة دايودات او ما يسمى بالموحد القنطري دون الحاجة الى محولة ذات نقطة وسطية حيث توصل الدايودات الاربعة على شكل قنطرة وكما موضح بالشكل ادناه

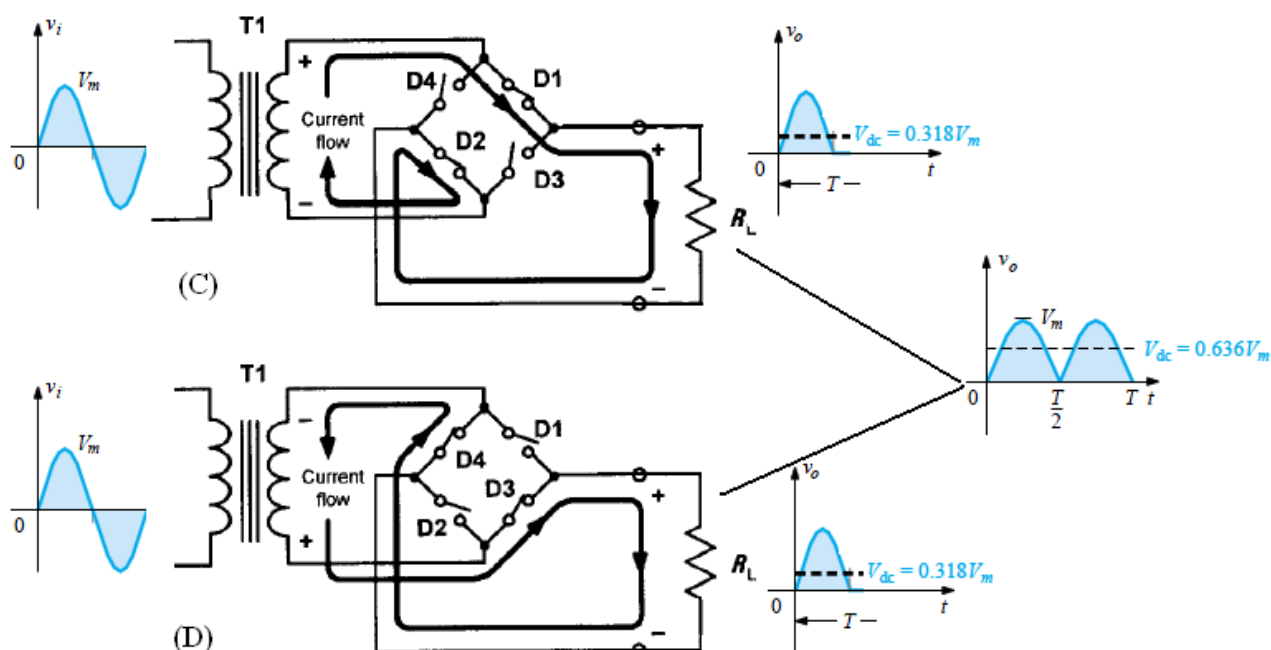


شكل (A)

طريقة بناء الموحد القنطري

دائرة موحد الموجة الكاملة القنطري شكل (B)

يمكن تلخيص عمل الدائرة انه في حالة تطبيق النصف الموجب من موجة الادخال فان الدايودين D1, D2 يكونان في حالة الانحياز الامامي أي يشكلان ممرا" سهلا" للتيار فيما يكون الدايودين D3, D4 منحازين عكسيا أي انهما يشكلان ممانعة عالية اتجاه مرور التيار وكما موضح في الشكل (C) ويحصل العكس في حالة تطبيق النصف السالب من اشارة الادخال وكما موضح في الشكل (D).



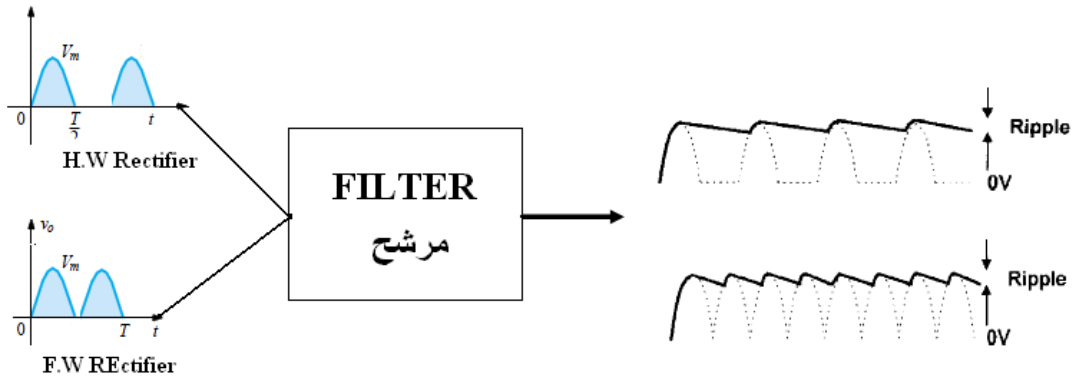
ت	الخاصية Properties	موحد موجة نصف موجة H.W.R	موحد موجة كاملة بمحولة ذات نقطة وسطية F.W.R centre tap	موحد موجة كاملة قنطري F.W.R Bridge
1	عدد الثنائيات المستخدمة	1	2	4
2	الحاجة لاستعمال محولة ذات نقطة وسطية	لا حاجة	ضرورية	لا حاجة
3	مركبة التيار المستمر I_{dc}	I_M/π	$2I_M/\pi$	$2I_M/\pi$
4	مركبة الفولتية المستمر V_{dc}	V_M/π	$2V_M/\pi$	$2V_M/\pi$
5	القيمة الفعالة للتيار I_{RMS}	$I_M/2$	$I_M/\sqrt{2}$	$I_M/\sqrt{2}$
6	القيمة الفعالة للجهد V_{RMS}	$V_M/2$	$V_M/\sqrt{2}$	$V_M/\sqrt{2}$
7	تردد الإخراج F_{out}	F_{in}	$2F_{in}$	$2F_{in}$
8	اعظم كفاءة للموحد	0.405	0.81	0.81
9	معامل التموج Ripple Factor	1.212	0.482	0.482
10	جهد الذروة العكسية PIV	V_M	$2V_M$	V_M

جدول مقارنة بين انواع الموحدات احادية الطور

المرشحات في مجهزات القدرة The Filter in Power Supply

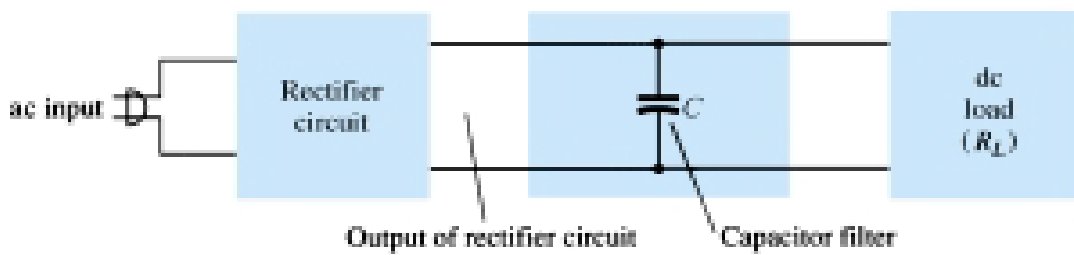
من المعروف ان خرج دوائر لتوحيد يحتوي على مركبتين مركبة فولتية اوتيار مستمر ومركبة فولتية او تيار المتناوب.

والمتمثلة بمقدار التمرج ويمكن القول ان الوظيفة الاساسية لدوائر المرشحات هو تقليل التمرج الى اقل مايمكن



أنواع دوائر الترشيح Type of Flirted Circuits

١. المرشح السعوي Shunt Capacitor Filter

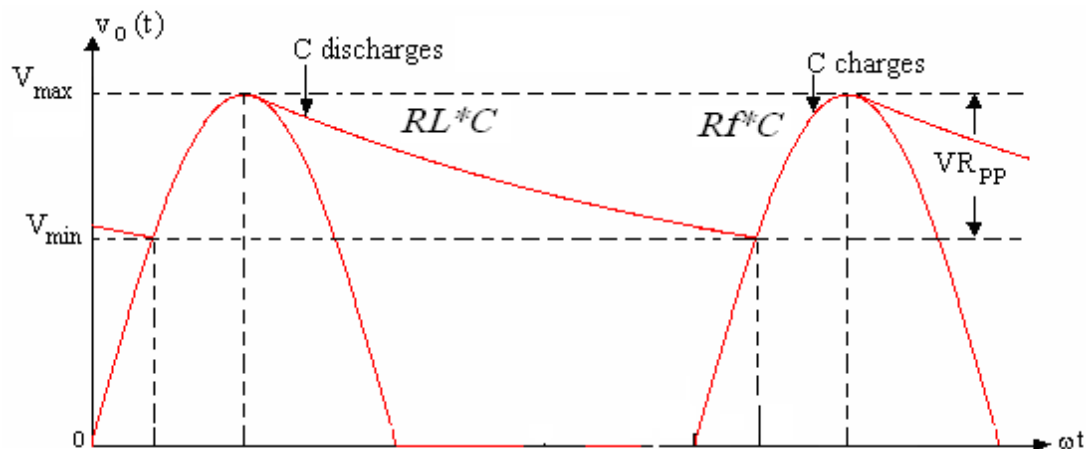


يعتبر المرشح السعوي ابسط انواع المرشحات وارخصها ويستخدم بشكل واسع عندما يكون التمرج قليل .

ويتلخص عمل هذا المرشح بما يلي :-

حيث تشحن المتسعة عند توصيل الثنائي الى جهد الذروه (VP) بعدها يتوقف الثنائي عن العمل ليصبح دائرة مفتوحة (Open Circuit) بسبب عكس انحياز بهجهد المتسعة بعد ذلك تبدأ المتسعة بالتفريغ عن طريق مقاومة الحمل بثابت زمن مقداره ($T = R \cdot C$) الى ان يقترب النصف الموجب الاخر لتبدأ المتسعة بالشحن مرة اخرى الى جهد الذروة .

لذلك يكون خرج دائرة الترشيح اقل تموج مما هو عليه بدون ترشيح وكما موضح في الرسم الموجي ادناه



ويمكن حساب الفولتية المستمرة لموحد نصف موجي مع مرشح سعوي من العلاقة الرياضية التالية

$$V_{dc} = \frac{V_p}{1 + \frac{\pi}{\omega RC}}$$

$$V_{dc} = \frac{V_p}{1 + \frac{1}{2 f C R L}}$$

لموحد H.W.R

$$I_{dc} = \frac{V_{dc}}{R}$$

$$\gamma^F = \frac{\pi}{\sqrt{3} \omega RC} = \frac{\pi}{\sqrt{3} 2 \pi F R C}$$

$$\gamma^F = \frac{1}{2 \sqrt{3} F R C}$$

لموحد H.W.R

$$\gamma^F = \frac{1}{4 \sqrt{3} F R C}$$

لموحد F.W.R

$$V_{dc} = \frac{V_p}{1 + \frac{\pi}{2 \omega RC}}$$

$$V_{dc} = \frac{V_p}{1 + \frac{1}{4 F C R L}}$$

لموحد F.W.R

$$T = R.C \Rightarrow T_{ch} + T_{dich}$$

حيث ان :-

V_p = Peak Voltage

جهد الذروة

$\omega = 2 \pi F$ – التردد الزاوي
angular Frequency

γ^F – معامل التموج

T :- Time Constant ثابت الزمن

T_{ch} :- زمن الشحن

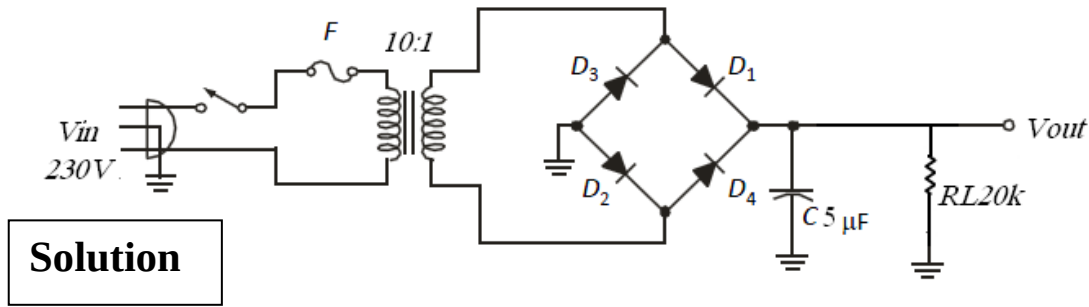
T_{dich} :- زمن التفريغ

مثال EXAMPLE

في دائرة موحد موجة كاملة قنطري موضح بالشكل ادناه احسب

١ معامل التمدوج

٢ فولتية الاخراج للمرشح السعوي Vdc



Solution

$$V_P(\text{primary}) = V_{RMS} \times \sqrt{2} = 230 \times \sqrt{2} = 325\text{v}$$

$$V_P(\text{Secondary}) = 325 \times \frac{1}{10} = 32.5\text{v}$$

$$\gamma_F = \frac{1}{4\sqrt{3}FRC} = \frac{1}{4\sqrt{3} \times 100 \times 5 \times 10^{-6} \times 20 \times 10^3}$$

$$\gamma_F =$$

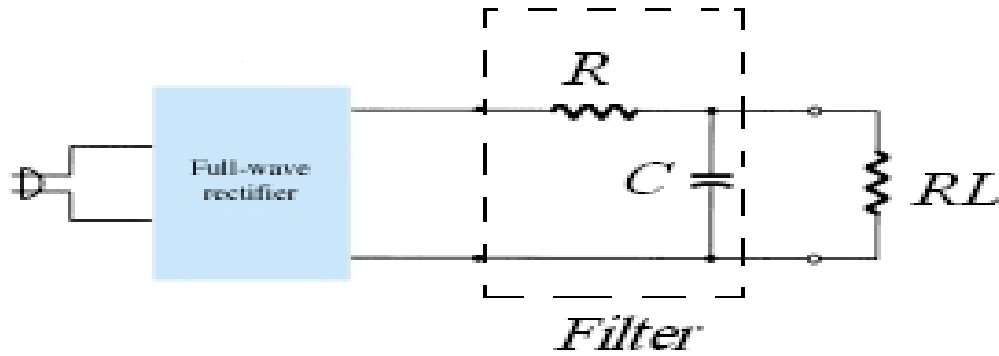
$$V_{dc} = \frac{V_P}{1 + \frac{1}{4FCRL}} = \frac{32.1}{1 + \frac{1}{4 \times 100 \times 5 \times 10^{-6} \times 20 \times 10^3}} =$$

مثال (H.W)

موحد قنطري يعمل بجهد ادخال تردده 50Hz يجهز حمل مقداره 1kΩ وبتيار Idc=100mA) فاذا علمت ان معامل التمدوج مقداره (1) احسب متسعة الترشيح ثم احسب مقدار جهد الادخال (مصدر التجهيز)

٢. مرشح المقاومة والمتسعة RC – Filter

الشكل ادناه يوضح مرشح متسعة على التوازي ومقاومة على التوالي تقوم بتحديد تيار الشحن الذي تسحبه المتسعة لذلك يجب الاخذ بنظر الاعتبار عند تصميم المرشح قيم كل من المتسعة والمقاومة على ان تكون قيمة المقاومة (R) اكبر بكثير من قيمة (XC) ويمكن استخدام اكثر من مرحلة ترشيح لتقليل مركبة التيار المتناوب الى اقل مايمكن



يمكن حساب معامل التمدد لهذا النوع من المرشحات بالعلاقة الرياضية التالية

$$\gamma = \left(\frac{1 + \frac{R}{RL}}{3\sqrt{2}WCR} \right)$$

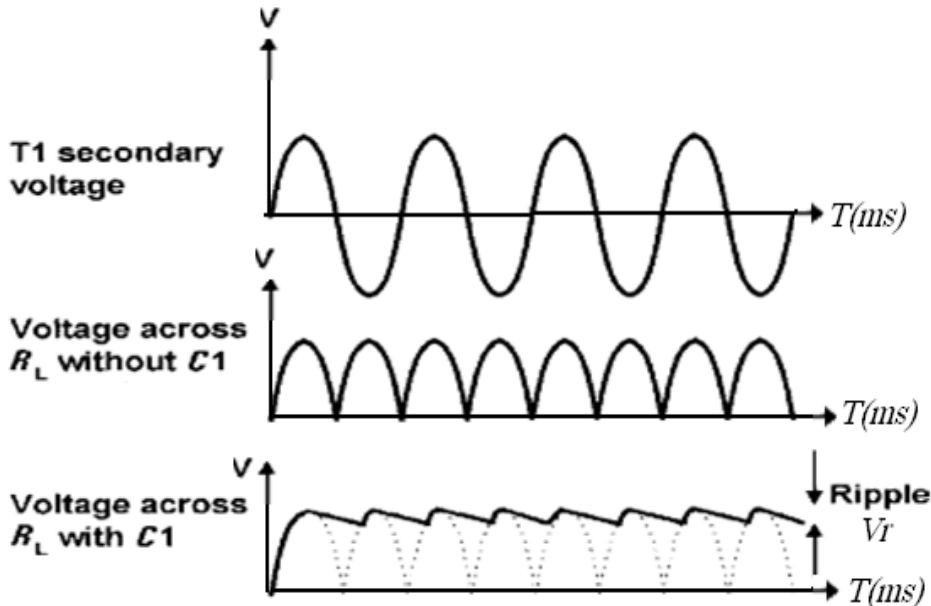
حيث ان :-

R :- مقاومة المرشح

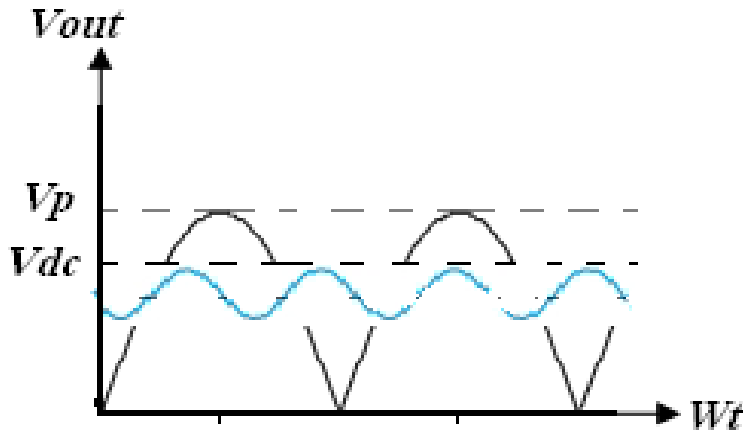
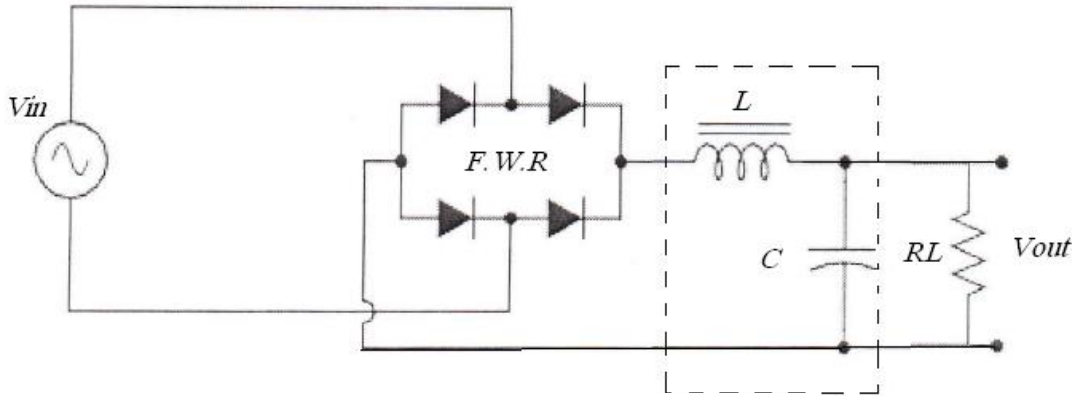
C :- متسعة المرشح

2πf :- السرعة الزاوية :-

RL :- مقاومة الحمل :-



3. مرشح الملف الخائق Choke Filter



الشكل اعلاه يوضح دائرة مرشح
باستخدام ملف خائق (Coke
Filter) ذو قلب حديدي ومتسعة
ومقاومة حمل .

حيث ان موجة ادخال الموحد
تحتوي على مركبتين مركبة
مستمرة مرغوب فيها ومركبة

متناوبة يجب التخلص منها او تقليلها الى اقل حد ممكن باستخدام المرشح .

حيث يسمح الملف الخائق للمركبة المستمرة بالمرور فيما يبدي ممانعة عالية اتجاه تمرير
المركبة المتناوبة . بينما تقوم المتسعة بمنع المركبة المستمرة من المرور خلالها والسماح
بالمركبة المتناوبة بالمرور وبذلك فان التيار المستمر يمر بالكامل عبر مقاومة الحمل

وعليه يكون اخراج دائرة مرشح الملف الخائق ذو تموج قليل لان ممانعة الملف الخائق (XL)
تكون اقل من ممانعة المتسعة (XC) فيما تكون الاخيرة اقل من مقاومة الحمل ووفق هذه الشروط
تعمل دائرة المرشح كمقسم جهدلفولتية الاخراج . ويمكن حساب معامل التمرج لهذا المرشح من
العلاقة الرياضية التالية:-

$$\gamma = \frac{\sqrt{2}}{3(2\omega C)(2\omega L)} = \frac{\sqrt{2}}{12\omega^2 LC}$$

$$\gamma = \frac{1.19}{LC}$$

حيث أن :-

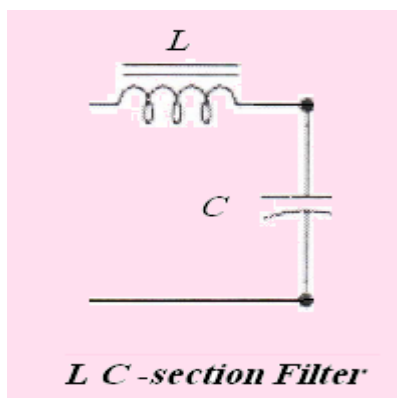
C--- in μF

L--- in Henry

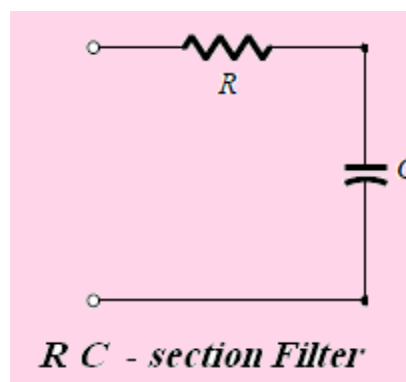
٤. مرشح المقطع Section Filter

عندما يكون ثابت الزمن ($T = R \cdot C$) طويل يمكن اهمال التموج ولكن عندما يكون ثابت الزمن قليل نحتاج الى استخدام دائرة ترشيح اضافية لتقليل التموج لذلك يمكن استخدام اكثر من مقطع ترشيح ويكون على نوعين هما :-

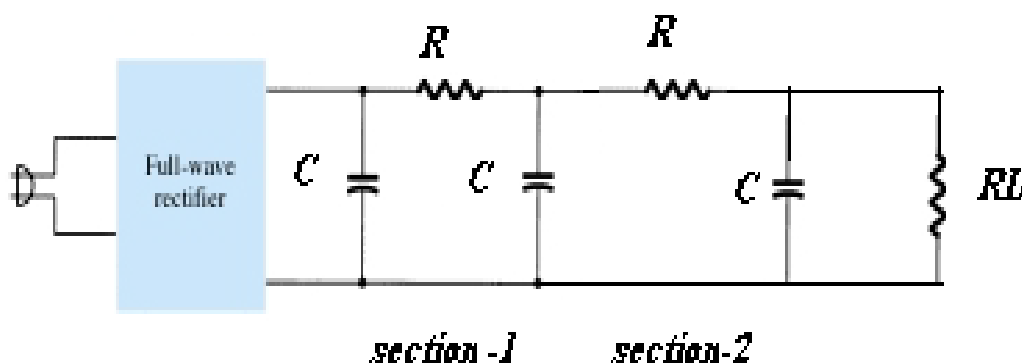
(B) مرشح مقطع LC



(A) مرشح مقطع RC



ان زيادة مقاطع الترشيح يزيد من توهين مركبة الفولتية او التيار المتناوب يساوي حاصل ضرب التوهين لكل مقطع فلو ان المقطع الاول قلل بمقدار (10) فان التوهين الكلي للمقطعين يساوي (100) وهكذا مع زيادة عدد مقاطع الترشيح



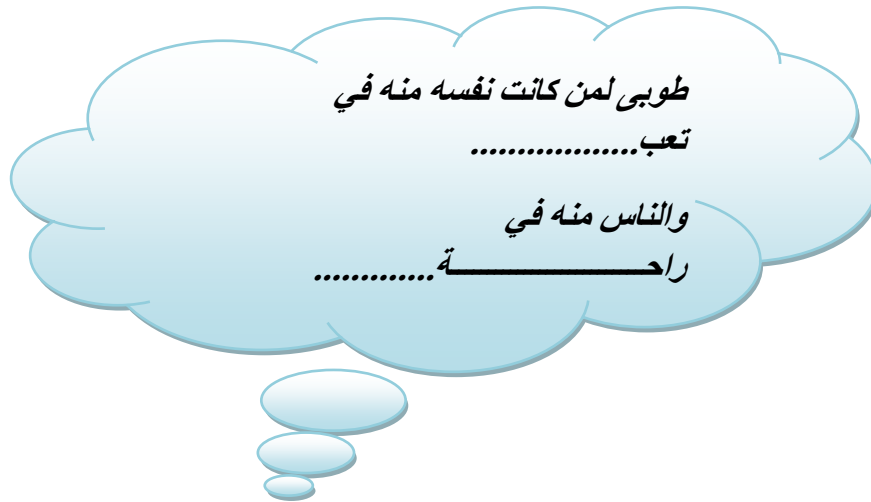
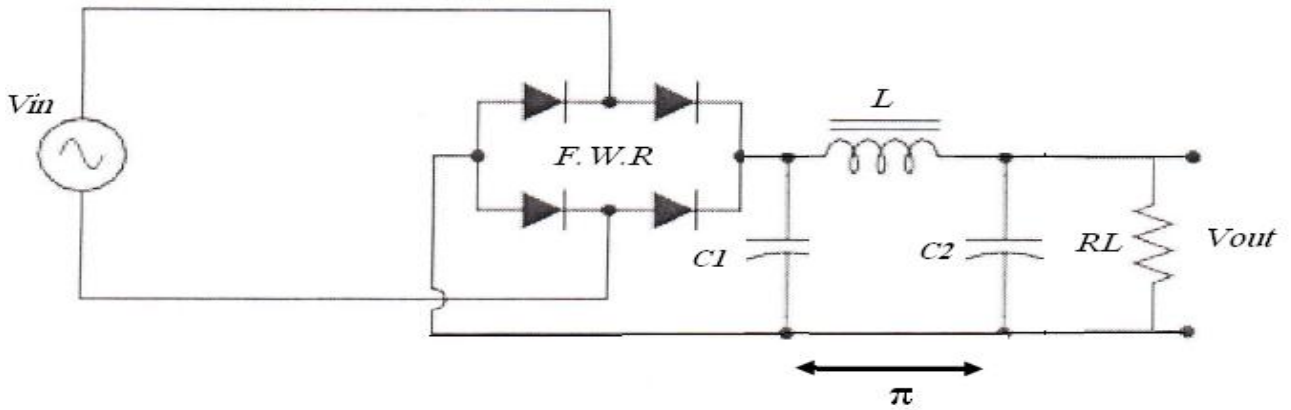
5 . مرشح (π) Pi- Filter C – L – C

مرشح مكون من ثلاثة عناصر منظمة على شكل الحرف الاغريقي (π) وكما موضح بالشكل ادناه .

هذا النوع من المرشحات افضل من بقية الانواع ويمكن حساب معامل التمدوج من العلاقة التالية:-

$$\gamma = \sqrt{2} \frac{XC_1 \times XC_2}{RL \cdot XL} = \frac{\sqrt{2}}{8\omega^2 C_1 C_2 LRL}$$

$$\gamma = \frac{5700}{LC_1 C_2 RL}$$



مع تحياتي وودعواني لكم بالنجاح والموفقة

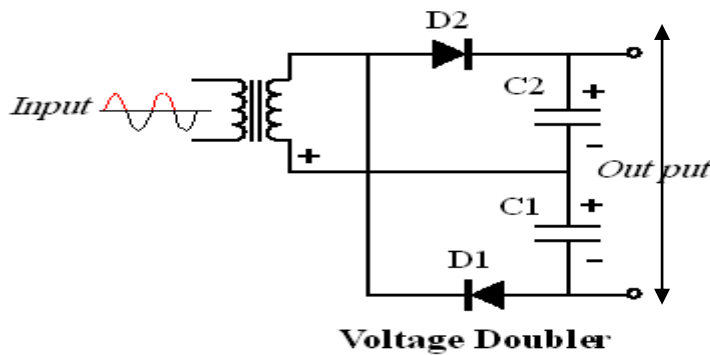
المهندس حسن عبد الكاظم مجاي

مضاعفات الجهد المستمر DC- VOLTAGE DOUBLER (Voltage Multipliers)

مضاعفات الفولتية المستمرة هي دوائر الكترونية تستخدم الدايود كمقوم ذروه بمرحلة او اكثر مع متسعة للحصول على فولتية مستمرة مضاعفة الى ضعفين او اكثر ($2V_p$, $3V_p$, $4V_p$) من دون زيادة فولتية الادخال المتناوبة . وتستخدم دوائر مضاعفات الجهد المستمر في العديد من التطبيقات التي نحتاج فيها الى فولتية مستمرة عالية بتيار قليل كما هو الحال في انبوب الاشعة الكاثودية (CRT) في اجهزة التلفزيون والاولسكوب . ويمكن بناء دوائر مضاعفات الجهد وكما يلي :-

A. مضاعفات الجهد الى الضعف Voltage Doubler

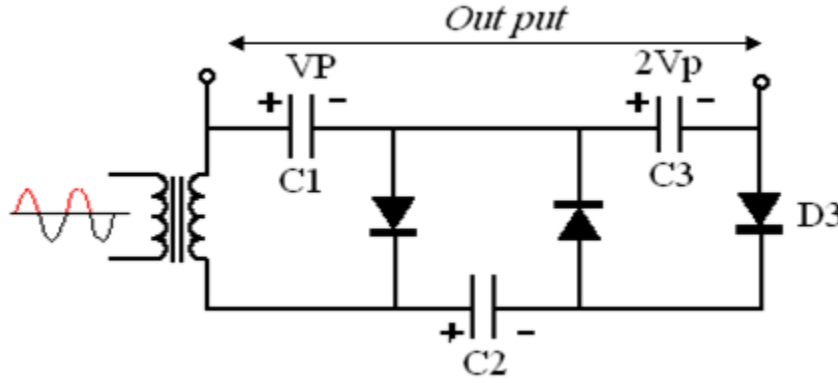
في الدائرة الموضحة بالشكل ادناه يربط الثنائين D1 و D2 حيث يكون الاول منحاز اماميا عند النصف اسالب مم موجة الادخال فيما يكون الثنائي D2 منحاز عكسيا حيث يمر التيار في الثنائي D1 مما يعمل على شحن المتسعة C1 الى مقدار القيمه العظمى (V_p) وبالقبطية المؤشرة في الرسم . اما عند النصف الموجب من موجة الادخال يكون الثنائي D1 منحاز عكسيا والثنائي D2 منحاز اماميا وبما ان المتسعة C1 مربوطة على التوالي مع المتسعة C2 سوف تشحن الى فولتية مساوية جهد الذروه (V_p) حيث يكون الجهد الكلي على طرفي المتسعتين مساوي الى ($2V_p$).



B. مضاعفات الفولتية الى ثلاثة اضعاف Voltage Tripler

في الدائرة السابقة كنا قد حصلنا على جهد مضاعف الى $2V_p$ اما اذا اردنا الحصول على جهد مضاعف ثلاث مرات أي ($3V_p$) فانه يجب اضافة مقطع اخر الى الدائرة مكون من ($D3 \& C3$) حيث يكون الثنائي D3 في الذروة السالبة منحاز اماميا مما يسبب شحن

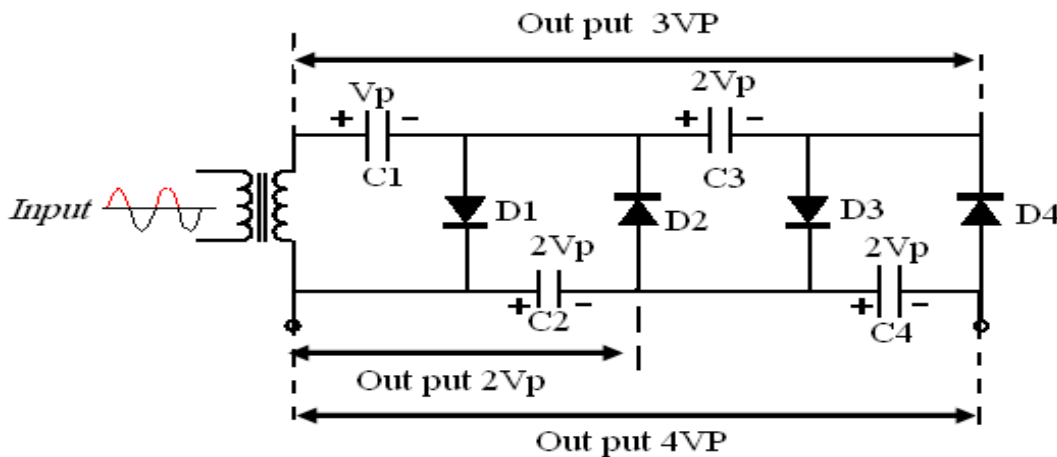
المتسعة C3 الى فولتية مقدارها $2V_p$ وحسب القطبية المؤشرة في الرسم حيث يكون اخراج الدائرة على طرفي المتسعتين C1&C3 وبذلك نكون قد حصلنا على جهد مستمر مضاعف لثلاثة اضعاف القيمة العظمى للمصدر وكما ووضح بالشكل ادناه



Voltage Tripler

c. مضاعفة الفولتية الى اربعة اضعاف Voltage Quadruple

يمكن ربط اربعة ثنائيات كمقومات ذروه واحد بعد الاخر للحصول على مضاعفة الجهد الى $(4V_p)$ من خلال الدائرة الموضحة في الشكل ادناه نلاحظ ان المتسعة (C1) سوف تشحن عبر توصيل (D1) الى جهد الذروه (V_p) اما خلال النصف السالب فان المتسعة (C2) تشحن عبر توصيل (D2) الى ضعف جهد الذروه $(2V_p)$. وخلال النصف اموجب من الدورة الثانية لموجة الادخال فان الثنائي (D3) يوصل والفولتية عبر المتسعة (C2) سوف تشحن المتسعة (C3) الى نفس جهد الذروه (V_p) وخلال النصف السالب فان الثنائي (D4 و D2) يوصلان مما يؤدي لشحن المتسعتين (C3 و C4) الى ضعف جهد الذروه $(2V_p)$. وبلتالي وكما موضح بالشكل ادناه يمكن الحصول من على طرفي المتسعتين (C4 و C2) بجهد مضاعف الى اربعة اضعاف جهد الذروه $(4V_p)$.



Voltage Quadruple

دوائر المقلمات Clipping Circuits

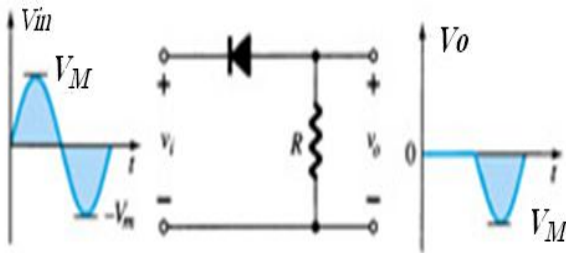
وهي دوائر الكترونية تستخدم شبكة مكونة من ثنائي ومقاومة ومصدر فولتية مستمرة (DC) لقطع أي جزء من فولتية الادخال غير مرغوب فيه او يراود تحديده . ويمكن تقليم موجة الادخال الى مستويات مختلفة بواسطة تغير الفولتية المستمرة وتدعى عند ذلك الدائرة بالمقلم المنحاز (Biased Clipper) وحسب قطبية الانحياز موجبة او سالبة ، ويمكن استخدام خاصية الثنائي في قطع نصف موجة الادخال وحسب طبيعة انحيازه بالطريقة التي يكون فيها مفتاح مغلق (Short Circuit) في الانحياز الامامي ومفتاح مفتوح (Open Circuit). تستخدم المقلمات في دوائر الرادار والحاسبات الرقمية عندما نرغب بازالة اشارة فولتية اعلى او اقل من مستوى محدد (Reference) . كما تستخدم في دوائر الاتصالات لقطع نبضات التشوية (Noise Pulses) والتي تكون مرتفعة فوق مستوى اتساع الاشارة المستقبلية (Over Amplitude Signal) . ويمكن تصنيف المقلمات الى مايلي :-

١. مقلمات التوالي Series clippers

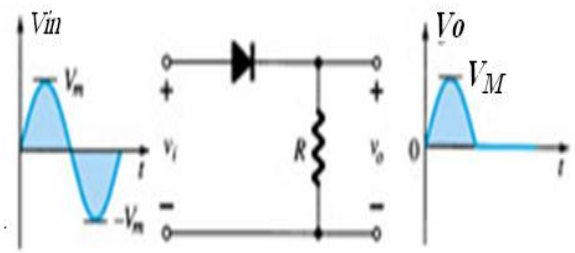
هينة ربط المقلمات التوالي هي ان يربط الثنائي على التوالي مع الحمل وينقسم الى نوعين

أولاً:- مقلم توالي منحاز (موجب) Positive Biased series clipper

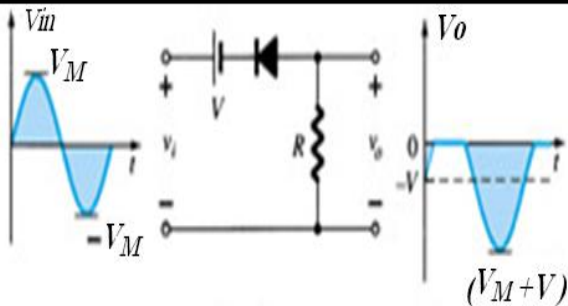
ثانياً:- مقلم توالي منحاز (سالب) Negative Biased series clipper



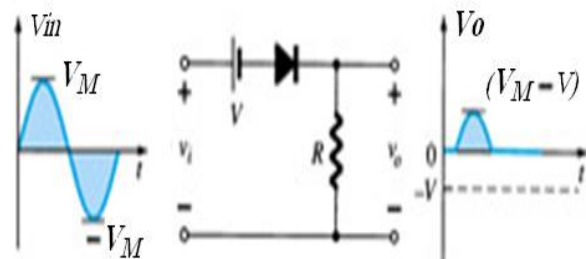
دائرة مقلم توالي (موجب) غير منحاز



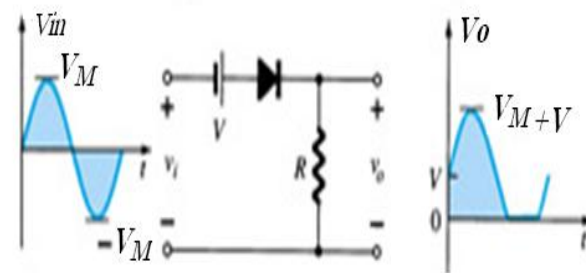
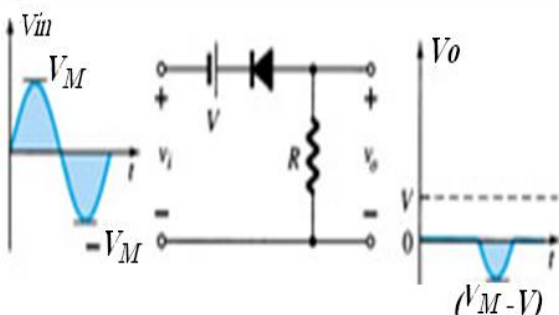
دائرة مقلم توالي (سالب) غير منحاز



دائرة مقلم توالي (موجب) منحاز امامي



دائرة مقلم توالي (سالب) منحاز عكسي

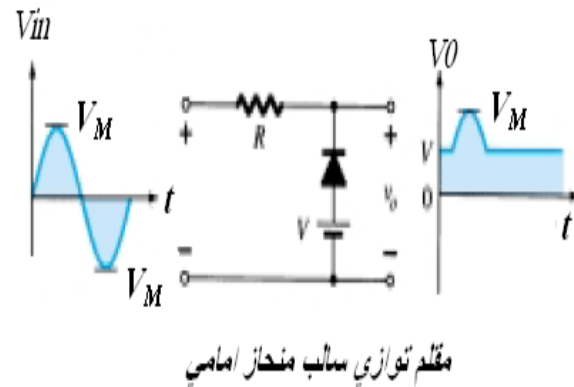
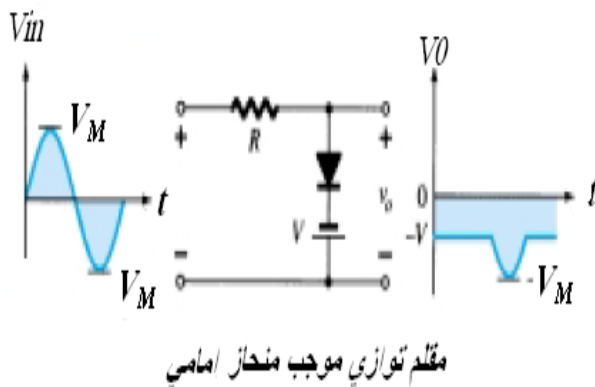
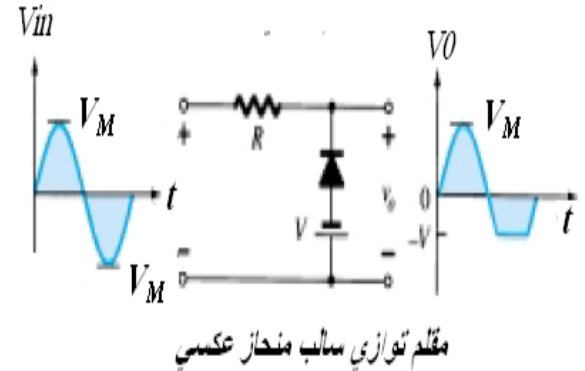
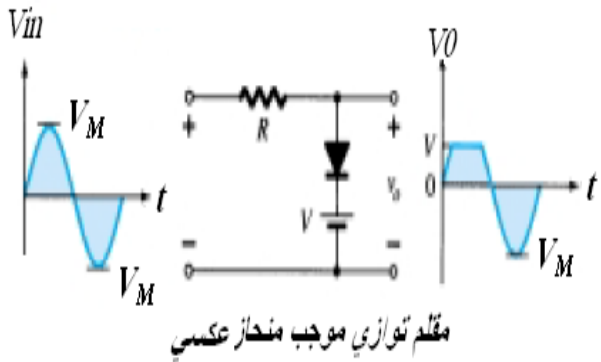
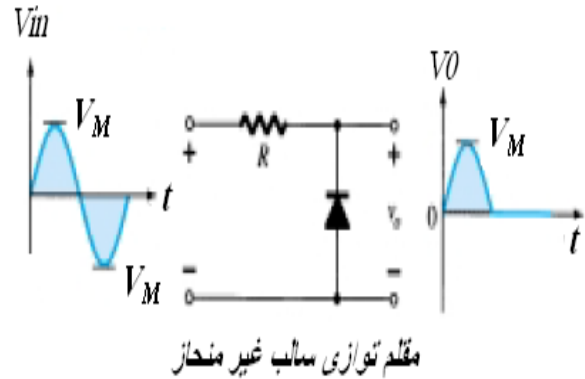
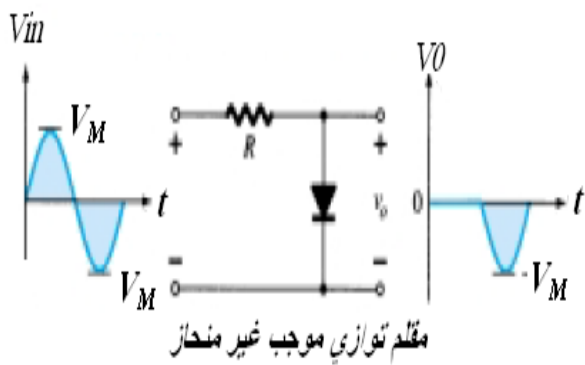


٢. مقلمات التوازي — موازي Parallel clippers

هينة ربط المقلمات التوازي هي ان يربط الثاني على التوازي مع الحمل وينقسم الى نوعين

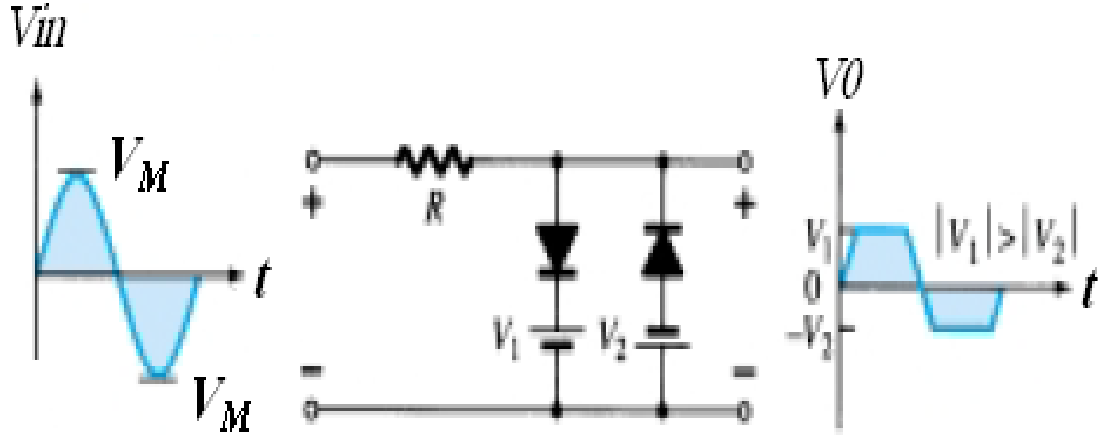
أولاً:- مقلم توازي منحاز (موجب) Positive Biased Parallel clipper

ثانياً:- مقلم توازي منحاز (سالب) Negative Biased Parallel clipper



ثالثاً:- المقلم المركب — Combination Clipper

يمكن جمع النوعين السابقين في مقلمات التوازي لنحصل على مقلم مركب (موجب ، سالب) منحاز او غير منحاز حسب متطلبات الدائري الالكترونية . حيث يعمل الثنائي (D1) في حالة الانحياز الامامي وحسب مقدار انحياز المصدر المستمر فيما يعمل الثنائي (D2) في حالة الانحياز العكسي وحسب مقدار انحياز المصدر المستمر لذلك سوف تكون اشارة الاخراج لهذه الدائرة اشبه بالموجة المربعة وكما في الشكل ادناه



دوائر الملزم

Clamper Circuits

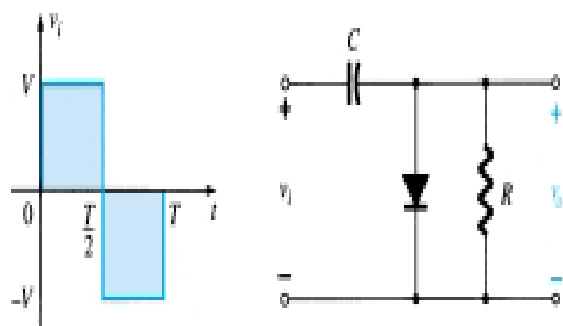
وهي دوائر الكترونية او شبكة مكونة من ثنائي ومقاومة ومتسعة يتم من خلالها اضافة مركبة فولتية مستمرة الى الاشارة بمستويات مختلفة من دون تغير ظاهر الاشارة المسطرة .

والملزم (Clamper) بنوعيه الموجب والسالب يستخدم بشكل واسع في دوائر التلفزيون بمرحلة الصورة .

ويمكن تلخيص عمل دائرة الملزم بالنقاط التالية :-

١. في البداية نفترض ان جزء موجة الادخال يجعل الثنائي منحاز اماميا".
٢. خلال دورة توصيل الثنائي سوف تشحن المتسعة الى القيمة الحظية العظمى لفولتية الادخال .
٣. خلال دورة عدم توصيل الثنائي سوف تمسك المتسعة شحنتها وذلك بواسطة التحكم بقيمة ثابت الزمن ($T=R.C$) .
٤. حساب فولتية الاخراج وفق معطيات التحليل الرياضي للدائرة

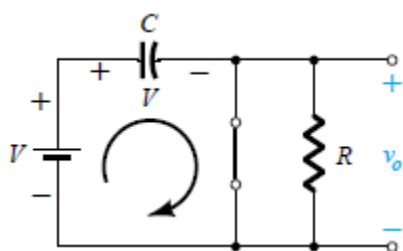
مثال Example



حدد فولتية الاخراج للدائرة الموضحة بالشكل ادناه

Solution

١. في حالة توصيل الثنائي فان المتسعة سوف تشحن الى بسرعة الى مقدار فولتية الادخال للفترة من (0----T/2) وفي هذه الحالة تكون فولتية الاخراج (V_o) تساوي صفر وكما في الشكل ادناه .

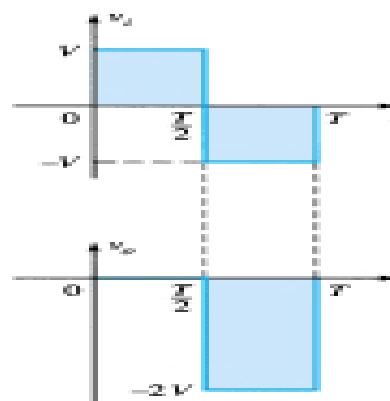
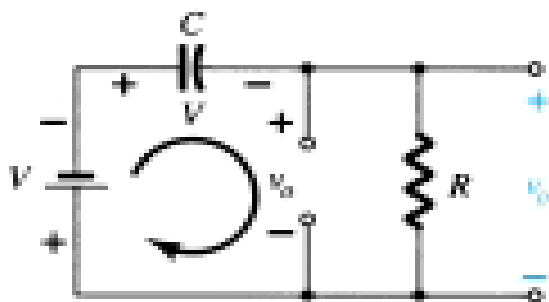


٢. في الفترة الزمنية (T/2-----T) يكون الثنائي منحاز عكسياً (Open) Circuit) فسوف تحتفظ المتسعة بشحنتها وذلك بواسطة اطالة ثابت الزمن للتفريغ (T=R.C)

٣. يمكن حساب فولتية الاخراج بتطبيق قانون (KVL) على الدائرة ادناه حيث ان :-

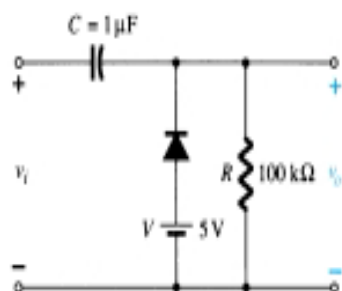
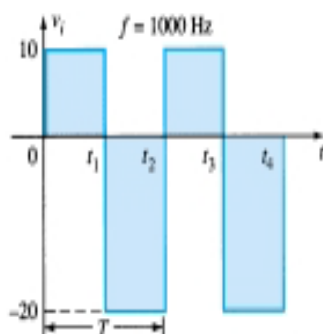
$$-V - V - V_o = 0$$

$$V_o = -2V$$

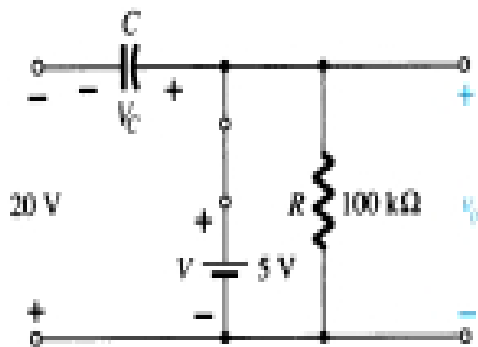


حدد فولتية الاخراج للدائرة الموضحة بالشكل ادناه

مثال Example



Solution



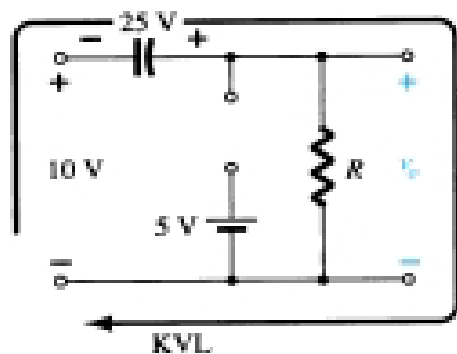
١. خلال الفترة من (0----- t_1) يكون الثنائي في حالة قطع (off)

٢. خلال الفترة من (t_1 ----- t_2) يكون الثنائي في حالة توصيل (ON) وبالتالي سوف تشحن المتسعة الى المقدار التالي من الفولتية

$$-20 + V_C - 5 = 0 \quad (\text{KVL})$$

$$V_C = 25\text{V}$$

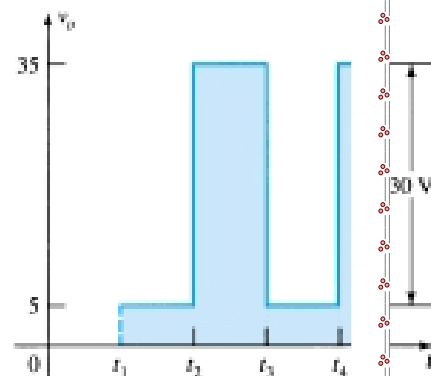
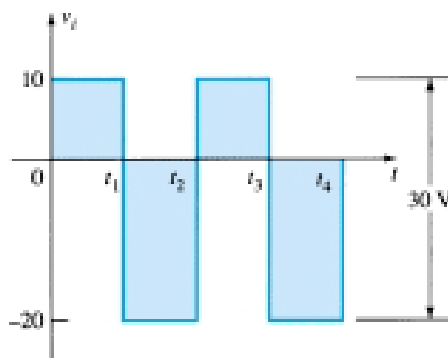
فيما تكون فولتية الاخراج تساوي 5V

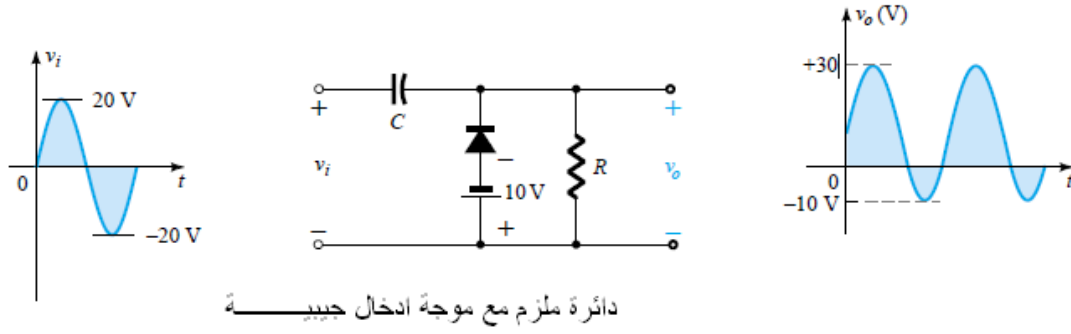


٣. خلات الفترة من (t_2 ----- t_3) يكون الثنائي في حالة قطع (OFF) حيث يمكن حساب فولتية الاخراج كـ

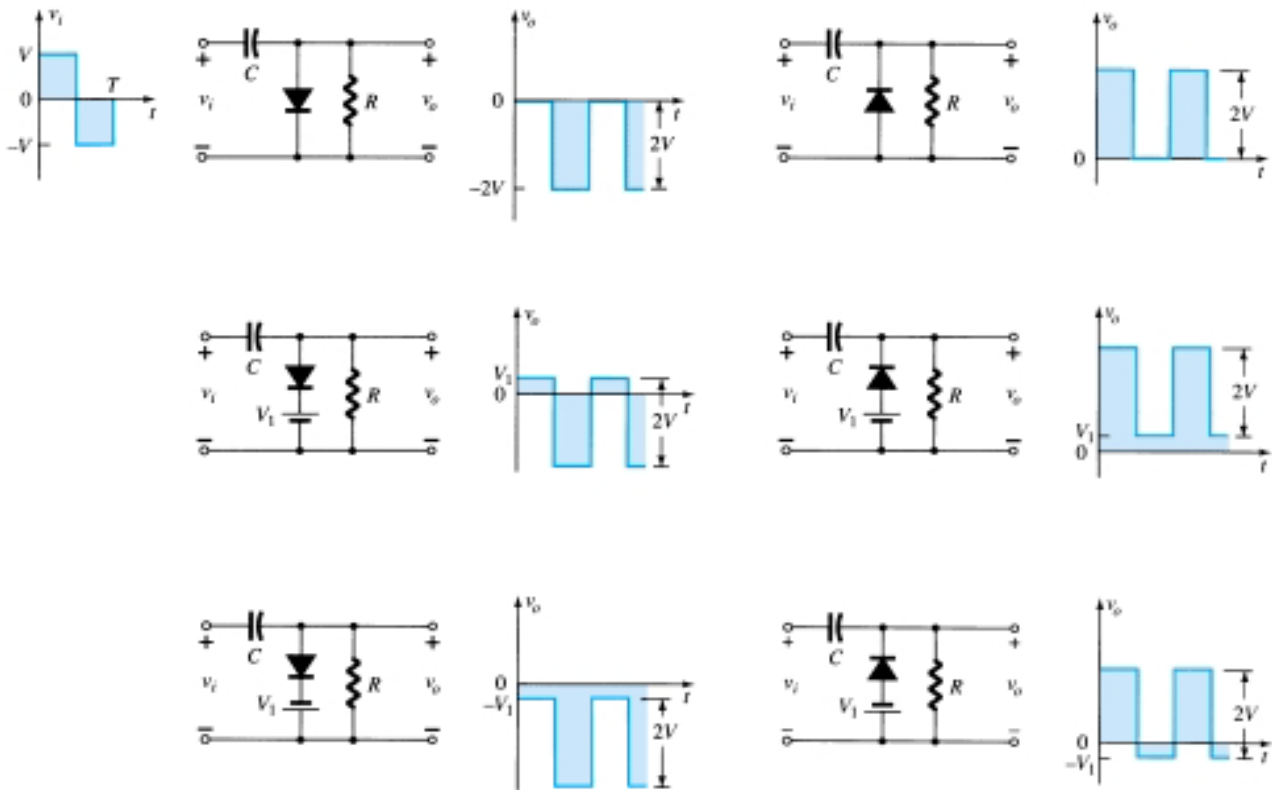
$$+10 + 25 - V_o = 0$$

$$V_o = 35\text{V}$$





امثلة توضيحية لدوائر ملزم مختلفة بموجة ادخال مربعة



Good FRIENDS are hard to find... harder to leave and impossible to forget

الأصدقاء الحقيقيون يصعب إيجادهم يصعب تركهم ويستحيل نسيانهم

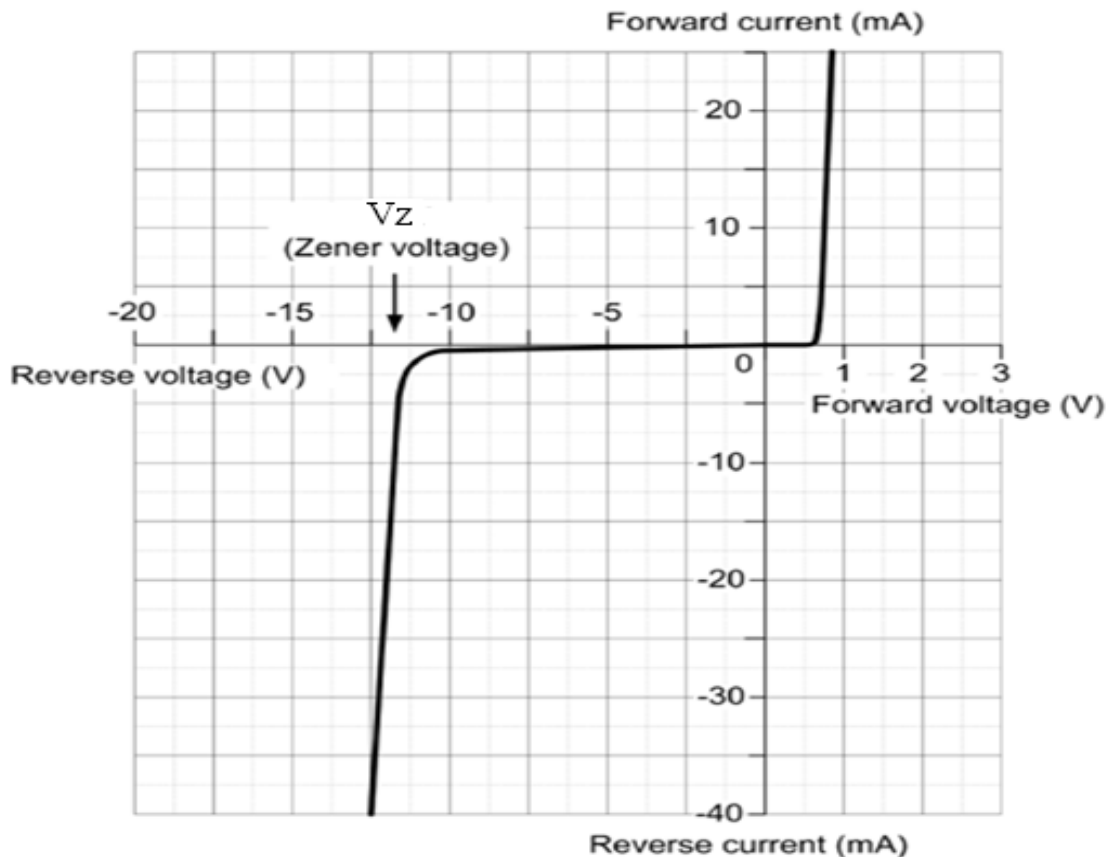
أعزائي الطلبة ***** لاتنسوني ووالديه بصالح دعواتكم ***** المهندس حسن الكردي

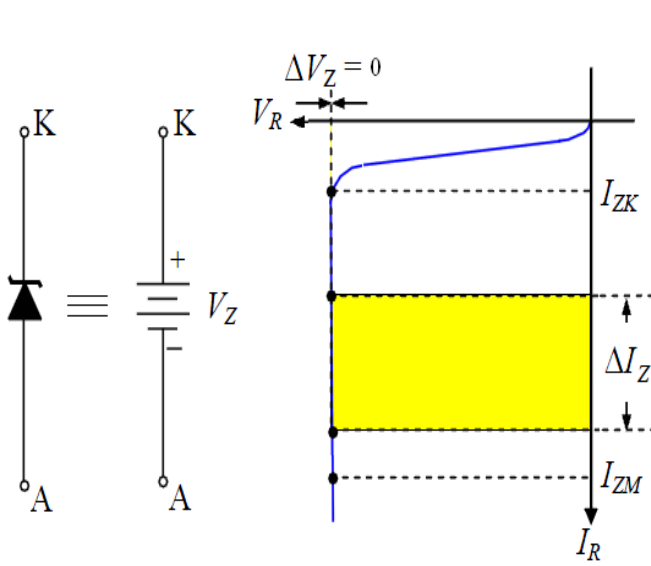
الزئير دايدود Zener Diode

وهو عنصر الكتروني مصنوع من ماد شبة موصلة وبتشويب اكثر نسبة مما هو عليه في الثنائي الاعتيادي مما يجعل منطقة الاستنزاف ضيقة جدا" مما يسمح لثنائي الزئير بالعمل في الانحياز العكسي من منحنى الخواص دون ان يتعرض الى التحطم بعد وصول الجهد العكسي الى مقدار يدعى بفولتية الزئير (V_Z) والتي تختلف من زئير الى اخر .

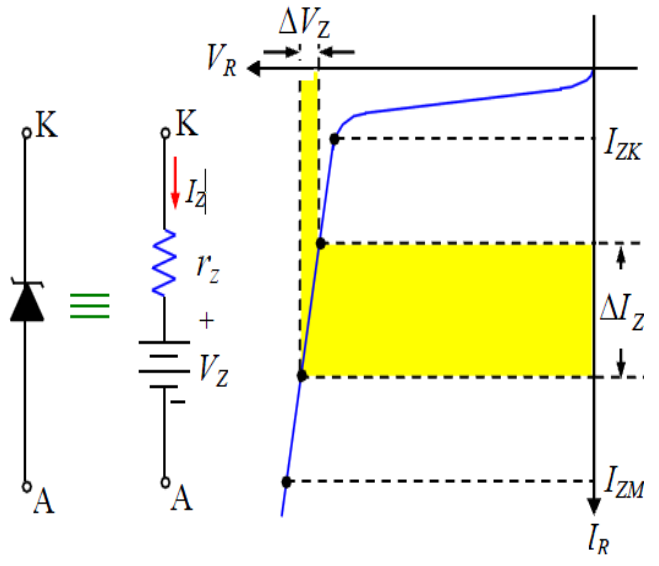
حيث تتراوح من 2-----200 فولت تحت ظروف درجة الحرارة الطبيعية ويعتبر ثنائي الزئير العنصر الاساسي في بناء دوائر منظمات الفولتية (Voltage Regulator) وفق الشروط التالية :-

1. يجب ان يكون انحيازه عكسي .
 2. تسليط جهد عبر الثنائي اكبر من جهد الزئير دايدود (V_Z).
 3. يجب ان يكون تيار الدائرة اقل من اعظم تيار الزئير I_Z
- والشكل ادناه يوضح منحنى خواص ثنائي الزئير والذي يعمل في الانحياز الامامي (F.B) كثنائي اعتيادي فيما يعمل في الانحياز العكسي (R.B)



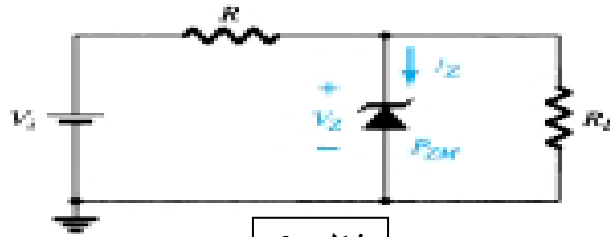


منحني خواص الانهيار والدائرة المكافئة لثنائي الزنير - المثالي



منحني خواص الانهيار والدائرة المكافئة لثنائي الزنير - العملي

تحليل دوائر المستمرة لثنائي الزنير DC-Analysis Zener Diode Circuit

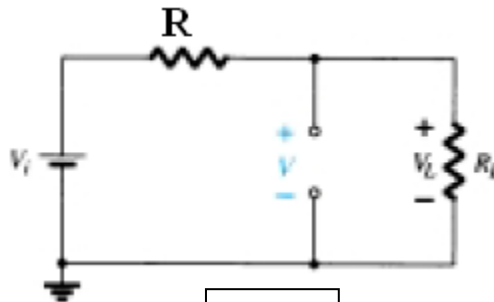


شكل - 1

الشكل (1) اعلاه يوضح دوائر منظم فولتية بسيطة باستخدام الزنير دايود يمكن تحليل هذه الدوائر رياضياً" كما يلي :-

١. تحديد حالة الزنير دايود بواسطة حذف الدايود من الدائرة وحساب الفولتية على طرفي الدائرة المفتوحة كما في الشكل (2) حيث ان

$$V = V_L = \frac{R_L V_i}{R + R_L}$$



شكل - 2

If $V > V_Z$, the Zener diode is “ON”

If $V < V_Z$, the diode is “OFF”

٢. نعوض الدائرة المكافئة الملائمة ثم نستخرج المجهول حسب العلاقات التالية

If - Doide (oN) State

$$V_L = V_Z$$

$$I_R = I_Z + I_L \quad (K I L)$$

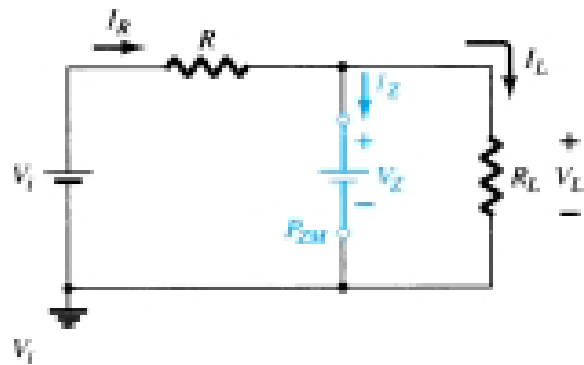
$$I_Z = I_R - I_L$$

$$\therefore I_L = \frac{V_L}{R_L}$$

$$\text{and } I_R = \frac{V_R}{R} = \frac{V_i - V_L}{R}$$

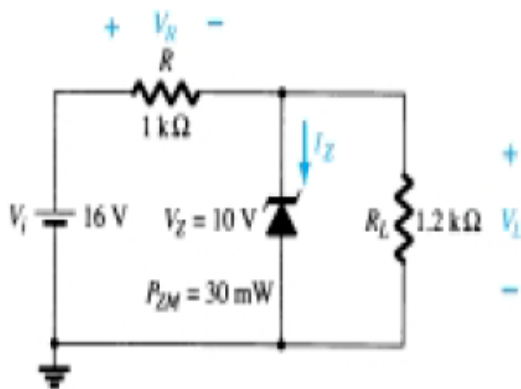
القدرة المستهلكة عبر الزنبر دايدود

$$P_Z = V_Z I_Z$$



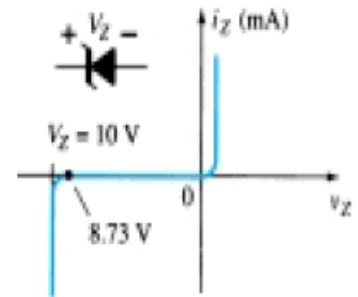
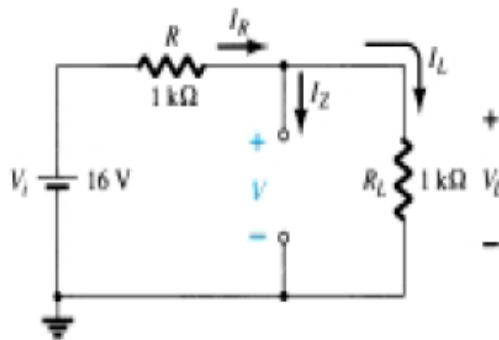
مثال EXAMPLE

في الدائرة الموضحة ادناه احسب V_L, V_R, I_Z, P_Z .
اعد حساب المطالب عند تغير مقاومة الحمل الى $R_L = 3 \text{ k}\Omega$.



Solution

$$V = \frac{R_L V_i}{R + R_L} = \frac{1.2 \text{ k}\Omega (16 \text{ V})}{1 \text{ k}\Omega + 1.2 \text{ k}\Omega} = 8.73 \text{ V}$$



Since $V = 8.73 \text{ V}$ is less than $V_Z = 10 \text{ V}$, the diode is in the “off” state as shown

$$V_L = V = 8.73 \text{ V}$$

$$V_R = V_i - V_L = 16 \text{ V} - 8.73 \text{ V} = 7.27 \text{ V}$$

$$I_Z = 0 \text{ A}$$

$$P_Z = V_Z I_Z = V_Z (0 \text{ A}) = 0 \text{ W}$$

if $R_L = 3 \text{ k}\Omega$:

$$V = \frac{R_L V_i}{R + R_L} = \frac{3 \text{ k}\Omega (16 \text{ V})}{1 \text{ k}\Omega + 3 \text{ k}\Omega} = 12 \text{ V}$$

Since $V = 12 \text{ V}$ is greater than $V_Z = 10 \text{ V}$, the diode is in the “on” state

$$V_L = V_Z = 10 \text{ V}$$

$$V_R = V_i - V_L = 16 \text{ V} - 10 \text{ V} = 6 \text{ V}$$

$$I_L = \frac{V_L}{R_L} = \frac{10 \text{ V}}{3 \text{ k}\Omega} = 3.33 \text{ mA}$$

$$I_R = \frac{V_R}{R} = \frac{6 \text{ V}}{1 \text{ k}\Omega} = 6 \text{ mA}$$

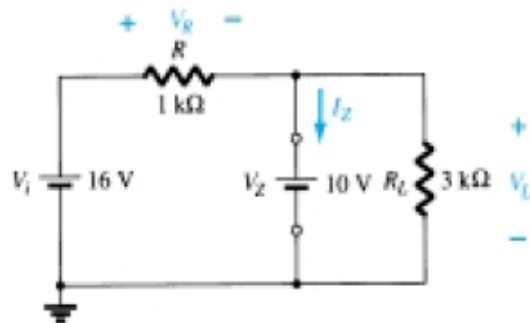
$$I_Z = I_R - I_L$$

$$= 6 \text{ mA} - 3.33 \text{ mA}$$

$$= 2.67 \text{ mA}$$

$$P_Z = V_Z I_Z = (10 \text{ V})(2.67 \text{ mA}) = 26.7 \text{ mW}$$

$$P_{ZM} = 30 \text{ mW.}$$



التطبيقات العملية لثنائي الزنير Application Off Zener Diode

يستخدم ثنائي الزنير في العديد من التطبيقات للدوائر الالكترونية من اهمها :-

١. عنصر اساسي في منظمات الفولتية لمجهاز القدرة المستمرة
٢. يستخدم كعنصر فولتية مرجعية (Reference Voltage) في العديد من الدوائر الالكترونية مثل دوائر المقارن والمعايرة
٣. يعمل كعنصر حماية للتطبيقات العرضية للفولتيات المفرطة
٤. يعمل كمقلم قمة في العديد من دوائر المقلمات

منظمات الفولتية باستخدام ثنائي الزنير Zener Diode as Voltage Regulator

في مجهزات القدرة المستمرة الهدف الاساسي هو الحصول على فولتية مستمرة وذلك بتحويل الفولتية المتناوبة (AC) عبر مراحل التوحيد (Rectifier) ومن ثم تقليل التموج الى اقل مايمكن عبر دوائر المرشحات (Filter) لتكون فولتية الاخراج بعد ذلك ثابتة الشدة والاتجاه . ولكن هذه الفولتية تكون تحت تأثير عاملين اساسيين هما :-

أولاً:" الزيادة الطارئة في فولتية المصدر (line) .

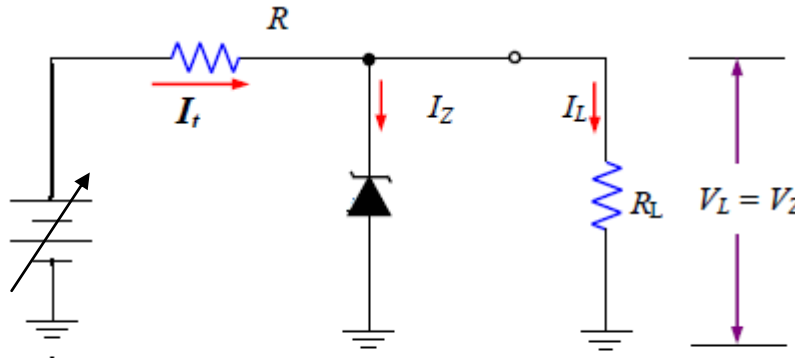
ثانياً:" التغير بتيار الحمل (load Current).

لذلك اصبح من الضروري ان نقوم بالمحافظة على فولتية الاخراج لمجهاز القدرة المستمرة ثابتة مع التغير النسبي لفولتية المصدر وهذا ما يدعى بتنظيم الخط، (line regulation) وكذلك مع تغير تيار الحمل والذي يدعى بتنظيم الحمل (load regulation).

ثنائي الزنير منظم فولتية مع تغير فولتية المصدر Zener Regulation with a Varying Input Voltage

شكل اعلاه يبين دائرة عملية بسيطة لتثبيت قيمة فرق الجهد على طرفي الحمل V_L عند جهد

يساوي جهد زينر V_Z في حالة تغير جهد الدخل V_{in} وهو ما يطلق عليه تنظيم الدخل أو تنظيم الخط.



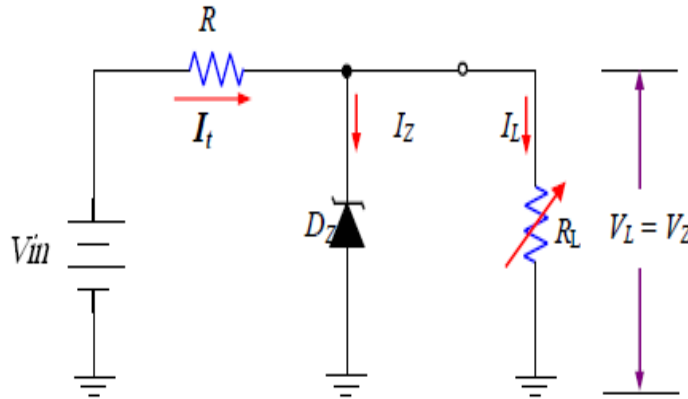
استخدام ثنائي زينر كمنظم مع تغير جهد الدخل

جهد الحمل ثابتاً عند قيمة تساوي V_Z وهذا يؤدي إلى زيادة الجهد المطبق على المقاومة R وبالتالي زيادة التيار I_t المار خلالها. ونظراً لأن التيار المار خلال مقاومة الحمل I_L يكون ثابتاً فإن الزيادة في التيار I_t تتدفق عبر الثنائي، وتستمر عملية تثبيت جهد الحمل مع تغير جهد الدخل طالما أن قيمة التيار المار خلال الزينر I_Z أكبر من قيمة I_{ZK} وأقل من قيمة I_{ZM} وذلك للحفاظ على ثنائي زينر في منطقة الانهيار. ويمكن حساب فولتية التنظيم لتغير فولتية الخط من العلاقة التالية :-

$$\text{Line Regulation} = \left(\frac{\Delta V_o}{\Delta V_i} \right) \times 100\%$$

ثنائي الزينر منظم فولتية مع تغير تيار الحمل Regulation with a Varying Load Current

شكل ادناه يبين كيفية استخدام ثنائي زينر كمثبت لجهد الحمل V_L عند جهد يساوي جهد زينر V_Z في حالة تغير قيمة الحمل R_L وهو ما يطلق عليه تنظيم الحمل.



استخدام ثنائي زينر كمنظم مع تغير الحمل

عندما تكون أطراف الخرج لمنظم زينر للجهد المبين في شكل اعلاه مفتوحة ($R_L = \infty$)، فإن تيار الحمل I_L يساوي صفر وبالتالي يتدفق التيار الكلي I_t خلال ثنائي زينر. وعند توصيل مقاومة الحمل R_L فإن جزء من التيار الكلي يمر عبر الثنائي والجزء الآخر يمر خلال الحمل. وبتقليل قيمة R_L فإن قيمة تيار الحمل I_L تزيد بينما تقل قيمة تيار الزينر I_Z حيث أن قيمة التيار الكلي I_t تكون ثابتة. ويستمر ثنائي زينر في عملية تثبيت جهد الحمل V_L عند قيمة جهد الزينر V_Z إلى أن يصل تيار الزينر I_Z إلى اقل قيمة له (I_{ZK}) وعند هذه النقطة يصل تيار الحمل I_L إلى أقصى قيمة له ($I_{L(max)}$)

ويمكن حساب فولتية التنظيم في حالة تغير الحمل من العلاقة التالية

$$\text{Load Regulation} = \left(\frac{V_{NL} - V_{FL}}{V_{FL}} \right)$$

حيث ان :

V_{NL} :- فولتية الاخراج في حالة المالحمل

V_{FL} :- فولتية الاخراج في حالة الحمل الكامل

التأثير الحراري على الزنير الدايمود (المعامل الحراري) Temperature Coefficient

يحدد هذا المعامل النسبة المئوية لتغير جهد الزنير V_Z لكل تغير في درجة الحرارة مقداره واحد درجة مئوية. وكمثال على ذلك إذا كان $V_Z = 12V$ وكان المعامل الحراري $0.1\% ^\circ C$ فإن V_Z يتغير بمقدار $0.012V$ عندما تتغير درجة حرارة الوصلة بمقدار $0.1\% ^\circ C$ ممكن استنتاج التغير في V_Z من خلال المعادلة الآتية:

$$\Delta V_Z = V_Z \times TC \times \Delta T \quad \text{حيث:}$$

$V_Z =$ جهد الزنير عند $25 ^\circ C$

$TC =$ المعامل الحراري

$\Delta T =$ مقدار التغير في درجة حرارة الوصلة.

والمعامل الحراري TC إما أن يكون موجب (positive temperature coefficient) ويعني أن جهد زنير V_Z يزيد مع زيادة درجة الحرارة ويقل مع انخفاض درجة الحرارة، أو يكون سالب (negative temperature coefficient) فيعني أن جهد زنير V_Z يقل مع زيادة درجة الحرارة ويزيد مع انخفاض درجة الحرارة.

مثال Example

زنير دايمود جهده يساوي ($8.2v$) والمعامل الحراري موجب ($0.048\%/C^\circ$) اوجد قيمة جهد الزنير دايمود عند درجة حرار ($60 C^\circ$)

Solution

$$\Delta V_Z = V_Z \times TC \times \Delta T$$

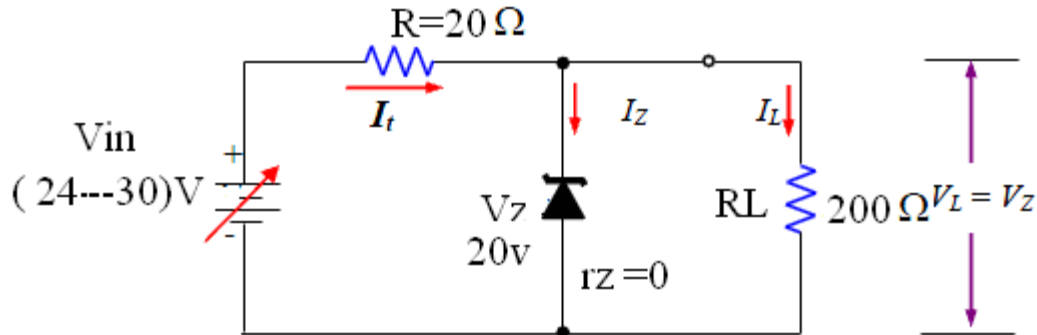
$$= (8.2) \times (0.048\% / C^\circ) (60 - 25) C^\circ = 144mv$$

مثال Example

دائرة منظم جهد مبينه بالشكل ادناه احسب

١ - اقل واكبر قيمة لتيار الزنير (I_{Max} , I_{Min})

٢ - اعظم قدرة مبدده في المقاومة (R) و الزنير ($P_{Z(\text{max})}$)



بما ان تيار الحمل ثابت فان :-

Solution

$$I_L = \frac{V_Z}{R_L} = \frac{20V}{200\Omega} = 0.1A$$

$$I_t = \frac{V_{in} - V_Z}{R}$$

$$I_{t(\text{min})} = \frac{24V - 20V}{20\Omega} = 0.2A$$

$$I_{t(\text{max})} = \frac{30V - 20V}{20\Omega} = 0.5A$$

$$I_t = I_Z + I_L$$

$$I_{Z(\text{min})} = I_{t(\text{min})} - I_L = 0.2A - 0.1A = 0.1A$$

$$I_{Z(\text{max})} = I_{t(\text{max})} - I_L = 0.5A - 0.1A = 0.4A$$

$$P_{R(\text{max})} = I_{t(\text{max})}^2 R$$

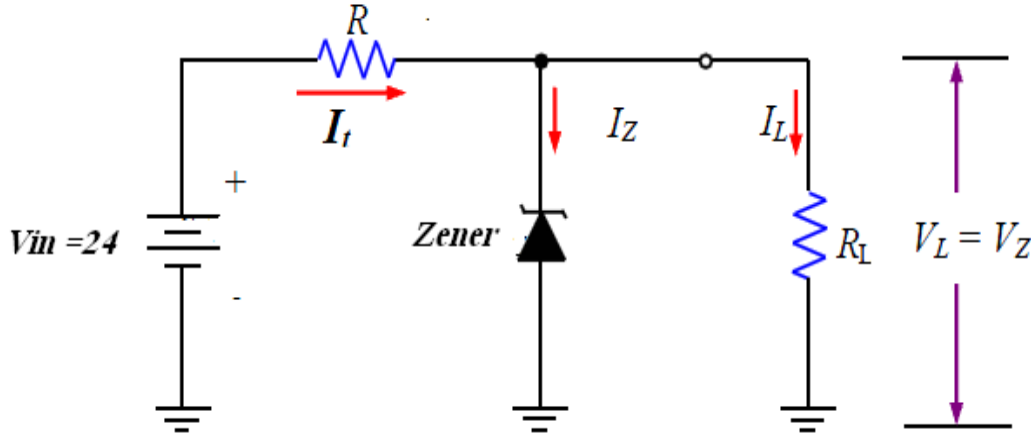
$$= (0.5)^2 * 20 = 10W$$

$$P_{Z(\text{max})} = V_Z I_{Z(\text{max})}$$

$$= 20V * 0.4A = 8W$$

مثال Example

في الدائرة الموضحة بالشكل ادنا اذا علمت ان $V_Z = 12V$ $I_{ZK} = 1mA$ $I_{Zmax} = 50mA$ $r_Z = 0$ احسب اعظم واقل قيمة لتيار الحمل واقل مقاومة حمل يعمل عندها الزنبر كممنظم فولتية



Solution

$$I_{Z(max)} = I_t = \frac{V_{in} - V_Z}{R} = \frac{24V - 12V}{470\Omega} = 25.5mA$$

$$\therefore I_t = I_{ZK} + I_{L(max)}$$

اقل قيمة لتيار الحمل تكون عندما تكون $RL = \infty$

$$\therefore I_{L(min)} = 0$$

$$\therefore I_{L(max)} = I_t - I_{ZK} = 25.5mA - 1mA = 24.5mA$$

$$R_{L(min)} = \frac{V_Z}{I_{L(max)}} = 490\Omega$$

All World Moneys Do Not
Buy Anther Day For You

Ted Turner

كل أموال العالم لن تشتري لك يوم آخر

اراد الله في الفصل الدراسي الثاني..... مع مزيد من الجهد والاجتهاد والتميز العلمي

المهندس حسن عبد الكاظم مجاي

ترانزستورات ثنائية الوصلة Bipolar Junction Transistors

مقدمة Introduction

يعتبر الترانزستور أحد أهم عناصر أشباه الموصلات التي تم اكتشافها في العصر الحديث. يستخدم الترانزستور بشكل عام في مكبرات الإشارات الكهربائية والمفاتيح الإلكترونية المختلفة، وقد ساعدت عدة عوامل مثل صغر حجمه، وسهولة تصنيعه، وقلّة تكاليفه واستهلاكه القليل للطاقة الكهربائية على انتشاره بشكل كبير.

يوجد نوعان رئيسيان من الترانزستورات وهما الترانزستور ثنائي القطبية (Bipolar Junction Transistor) و ترانزستور تأثير المجال (Field Effect Transistor).

تتناول دراسة النوع الأول وهو الترانزستور ثنائي القطبية الموضوعات التالية:

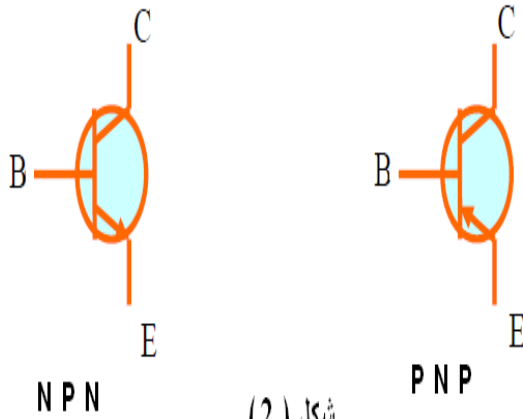
- ١ - تركيب الترانزستور ثنائي القطبية
- ٢ - معاملات وخواص هذا الترانزستور
- ٢ - استخدام الترانزستور كمكبر

تركيب الترانزستور ثنائي القطبية Structure of Bipolar Junction Transistor

يتكون الترانزستور ثنائي القطبية من ثلاث بلورات من شبه الموصل المطعم مفصولة بوصلتين من

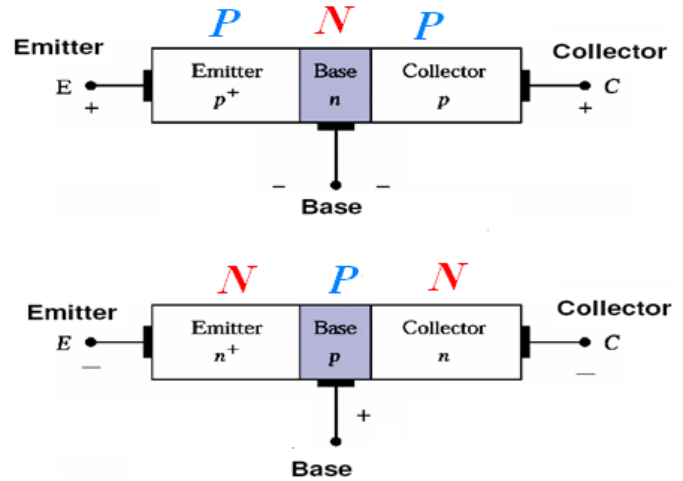
النوع **P N** كما هو مبين في الشكل رقم (1) نحصل من هذه البلورات على ثلاثة اطراف هي الباعث (Emitter) والقاعدة (Base) والجامع (Collector)، ويوجد نوعان من الترانزستور ثنائي القطبية وهما **PNP** و **NPN** والشكل رقم (2) يبين التمثيل للرموز الطبيعية لهذه الأنواع من الترانزستور.

الوصلة **P N** التي تربط طرف القاعدة و طرف الباعث تسمى وصلة القاعدة - الباعث (Base-Emitter Junction) والوصلة التي تربط طرف القاعدة و طرف الجامع تسمى وصلة القاعدة - الجامع (Base-Collector Junction)، ويرمز اختصاراً الباعث بالحرف **E** وللجامع بالحرف **C** وكذلك القاعدة بالحرف **B**.



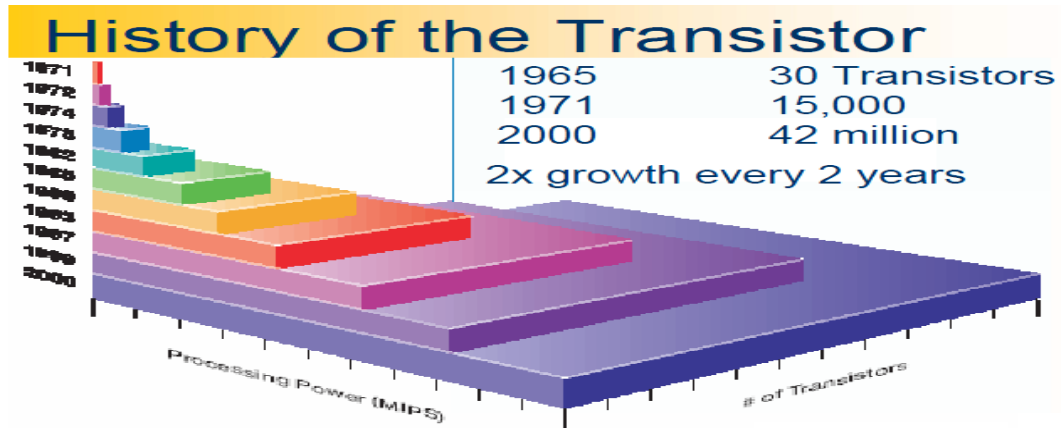
شكل (2)

رمز الترانزستور

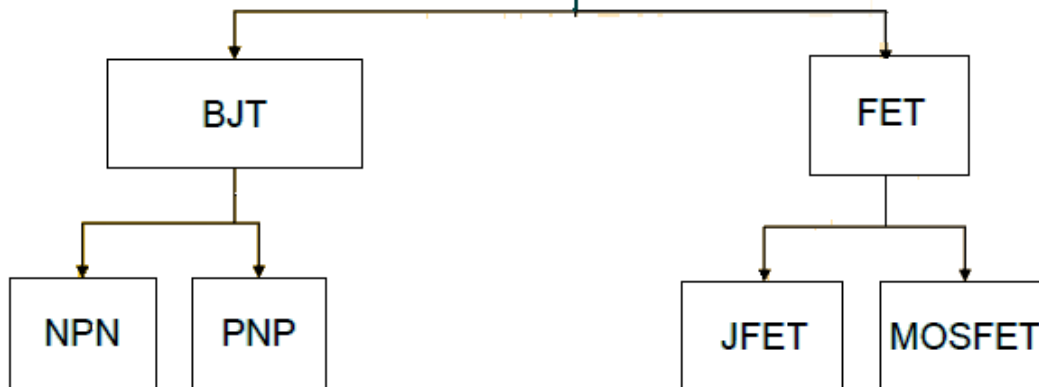


شكل رقم (1)

التركيب البلوري للترانزستور



TYPES OF TRANSISTORS



اطراف الترانزستور Transistor Terminal

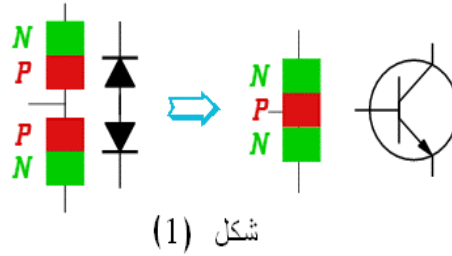
كما تقدم فان للترانزستور ثلاثة اطراف هي:-

١. طرف القاعدة (Base) وهي الطرف المركزي بين الطرفين الاخرين للترانزستور
٢. طرف الباعث (Emitter) وهو الطرف الذي يملك التركيز العالي من حوامل التيار الاغلبية
٣. طرف الجامع (Collector) وهو الطرف الاقل تركيز بحوامل التيار مقارنة بطرف الباعث ويكون مكان تجمع حوامل الاغلبية

نظرية عمل الترانزستور :

لكي نفهم كيفية عمل الترانزستور يجب أن نسترجع ما درسناه عن طريق عمل الموحدات العادي . وذلك باعتبار أن الترانزستور عبارة عن وصليتي دايود P-N متصلتين ببعضهما .
(A) إذا كان اتصال الأنودين معا (القاعدة) يكون الترانزستور من النوع NPN كما

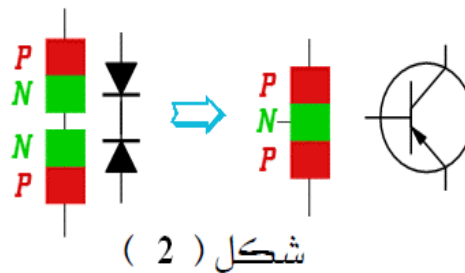
بالشكل رقم (1)



شكل (1)

(B) - إذا كان اتصال الكاثودين معا (القاعدة) يكون الترانزستور من النوع PNP كما

بالشكل (2)



شكل (2)

انحيازات الترانزستور : Biasing Transistor

1- انحياز أمامي وذلك بين القاعدة والباعث يؤدي إلى تصغير (منطقة الاستنزاف) في وصلة الباعث مما يؤدي إلى بعث أكبر عدد من الالكترونات وبالتالي انتشارها عبر وصلة الباعث - القاعدة . حيث يمتد جزء قليل جدا من هذه الالكترونات لتتحد مع الفجوات في القاعدة والجزء الأكبر يعبر إلى الجامع

2- انحياز عكسي بين الجامع والقاعدة يعمل على تجميع الالكترونات من القاعدة بواسطة تيار انسياق لكل من الالكترونات حوامل الشحنات الأقلية الموجودة بالقاعدة . ويعتمد هذا التيار على تيار الانتشار من الباعث - القاعدة بدرجة كبيرة أكثر من اعتماده على الجهد العكسي وبتطبيق قانون كيرشوف للتيار على الترانزستور نجد أن

$$I_E = I_B + I_C$$

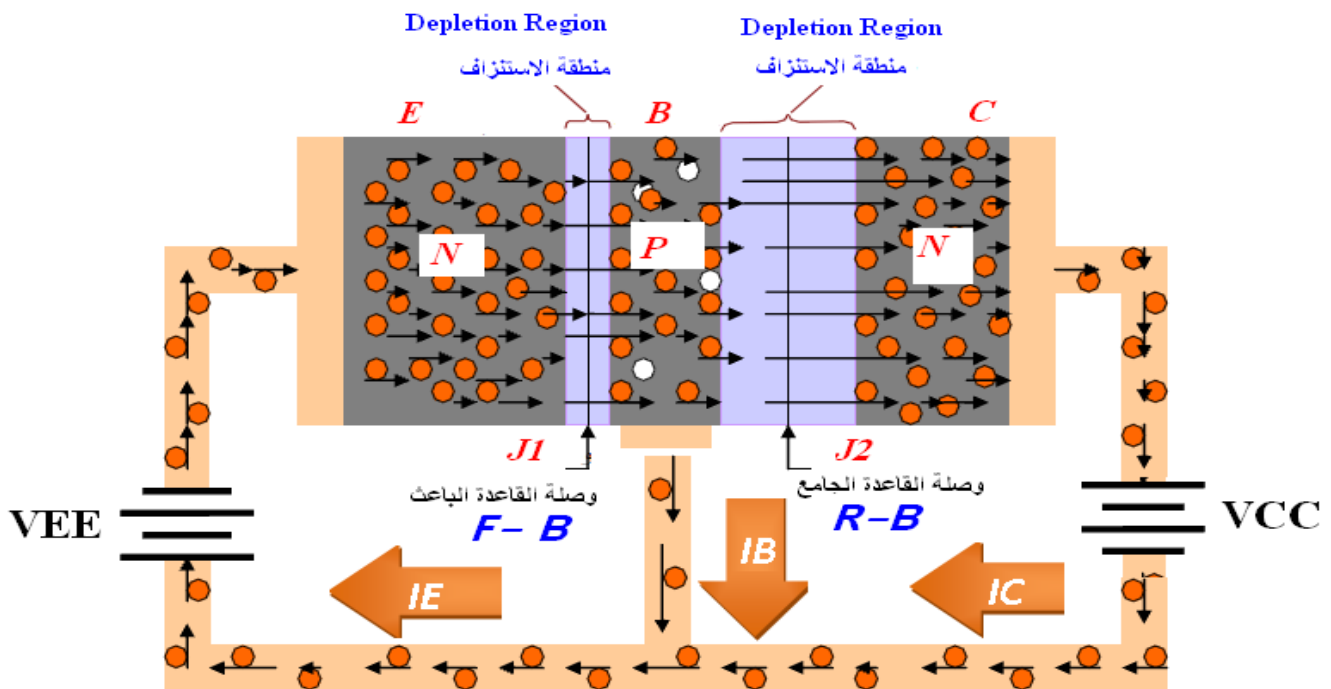
حيث : I_E تيار الباعث

I_C تيار الجامع

I_B تيار القاعدة

أي أن تيار الباعث يساوي محصلة مجموع تيار القاعدة وتيار الجامع

وكما في الشكل ادناه



معاملات الترانزستور :

1 - معامل كسب التيار β (BETA)

يحدد العلاقة بين تيار الجامع I_C وتيار القاعدة I_B كما يلي $\beta = I_C / I_B$

وتتراوح قيمة β للترانزستورات العادية من 20 إلى 200 باستثناء بعض الترانزستورات الخاصة والتي

تصل فيها β حوالي 10000 . في معظم لوحات بيانات الترانزستور يرمز لهذا المعامل بالرمز h_{FE}

2 - معامل كسب التيار α Alpha_

يحدد العلاقة بين تيار الجامع I_C إلى تيار الباعث I_E كما يلي :

حيث تتراوح α عادة من 0.90 إلى 0.995 . $\alpha = I_C / I_E$

العلاقة بين α و β

نشق العلاقة بين العاملين α و β كما موضح بالعلاقات الرياضية التالية :-

$$\beta = \frac{I_C}{I_B} \Rightarrow I_B = \frac{I_C}{\beta} \Rightarrow I_C = \beta I_B$$

$$\alpha = \frac{I_C}{I_E} \Rightarrow I_E = \frac{I_C}{\alpha} \Rightarrow I_C = \alpha I_E$$

$$I_E = I_C + I_B$$

$$\frac{I_C}{\alpha} = I_C + \frac{I_C}{\beta}$$

$$\text{divide} \cdot \text{by} \cdot I_C$$

$$\frac{1}{\alpha} = 1 + \frac{1}{\beta} \Rightarrow \frac{1}{\alpha} = \frac{\beta + 1}{\beta}$$

$$\alpha(\beta + 1) = \beta$$

$$\alpha\beta + \alpha = \beta$$

$$\alpha(\beta + 1) = \beta$$

$$\alpha = \frac{\beta}{\beta + 1}$$

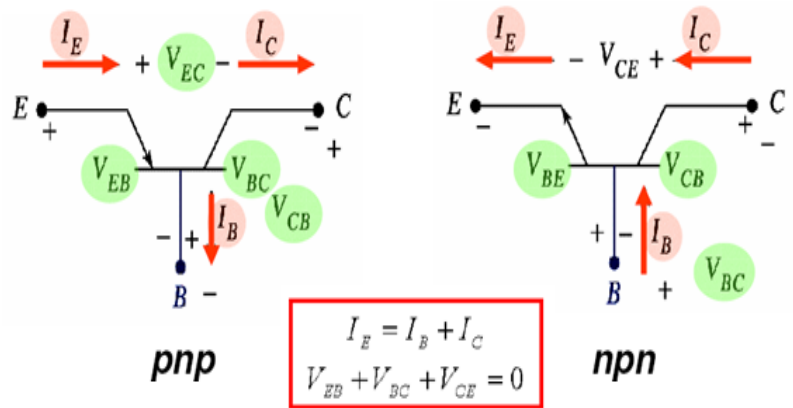
$$\beta = \alpha(\beta + 1)$$

$$\beta = \alpha\beta + \alpha$$

$$\alpha = \beta - \alpha\beta$$

$$\alpha = \beta(1 - \alpha)$$

$$\beta = \frac{\alpha}{1 - \alpha}$$



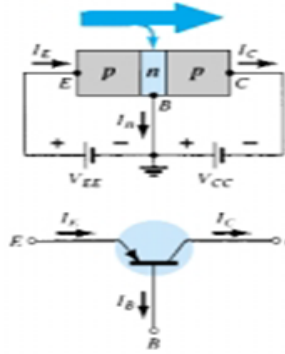
شكل يوضح تيارات وفولتيات الترانزستور بنوعيه

Transistor configuration connected

هياكل ربط الترانزستور

1 - القاعدة المشتركة COMMON BASE :

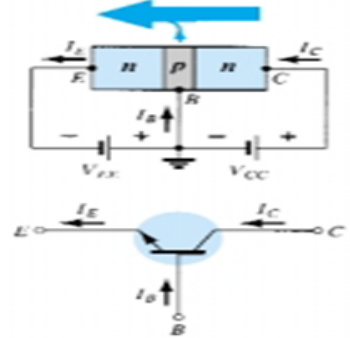
تعني أن طرف القاعدة هو الطرف المشترك بين كل من دائرة الباعث (الدخلى) ودائرة الجامع (الخارج) كما موضح بالشكل ادناه



input = V_{EB} & I_E

output = V_{CB} & I_C

هيكلة ربط القاعدة المشتركة



لدراسة خصائص الترانزستور ربط القاعدة المشتركة (C-B) تحتاج لمعرفة مجموعتين من الخصائص هما :-

(A) خصائص الخرج OUTPUT CHARACTERS

وهي رسم بياني يمثل العلاقة بين فولتية الخرج V_{CB} و تيار الخرج I_C عند قيم ثابتة لتيار الدخلى I_E حيث يعمل الترانزستور في ثلاثة مناطق هي

المنطقة الفعالة ACTIVE REGION :

في هذه المنطقة تكون وصلة الجامع - القاعدة (دائرة الخرج) منحازة عكسياً . ووصلة الباعث - القاعدة (دائرة الدخلى) منحازة أمامياً .

نلاحظ من المنحنى أن تيار الجامع يزداد بزيادة تيار الباعث كما نلاحظ أن تأثير V_{CB} على تيار الجامع I_C صغير جداً يمكن إهماله ويستخدم الترانزستور في هذه المنطقة لتكبير الإشارات .

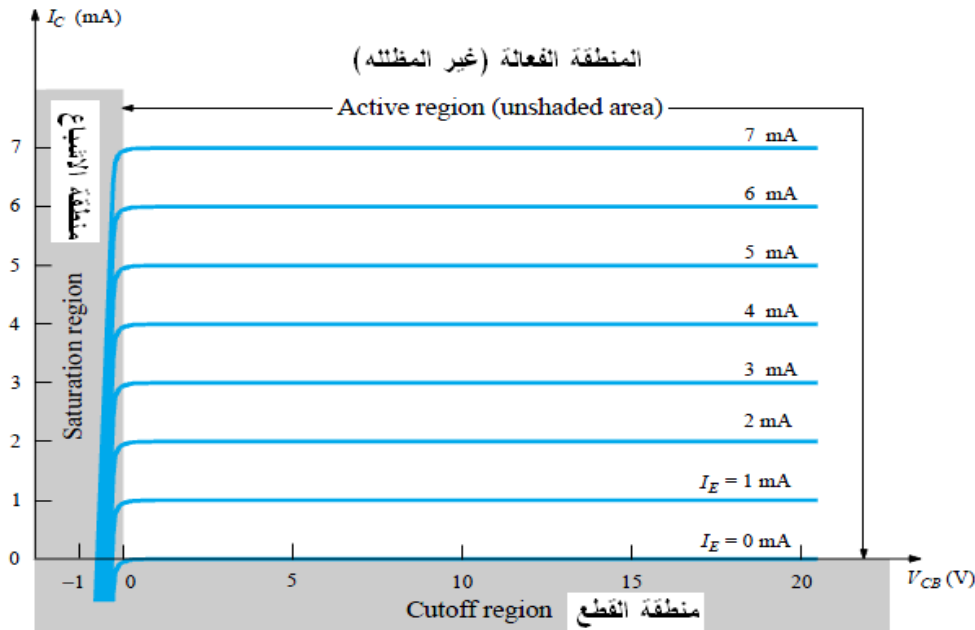
منطقة القطع CUTOFF REGION :

في هذه المنطقة تكون كل من وصلة الباعث - القاعدة (دائرة الدخلى) منحازة عكسياً . ووصلة الجامع - القاعدة (دائرة الخرج) منحازة عكسياً . تيار الجامع I_C يساوي تيار التشبع العكسي عندما يكون تيار الباعث مساوياً للصفر . يستخدم الترانزستور في هذه المنطقة كمفتاح قطع OFF SWITCH .

منطقة التشبع SATURATION REGION :

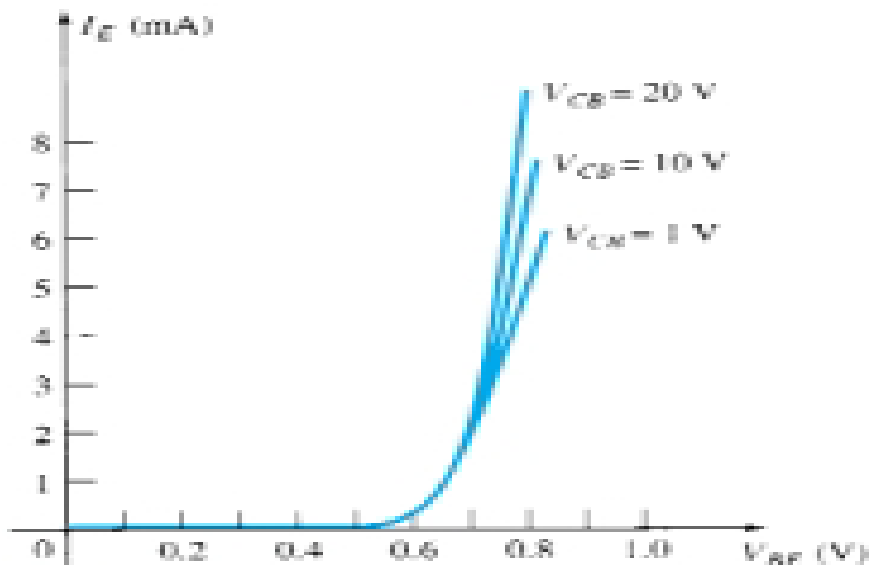
وهذه المنطقة تكون دائرة الدخلى (الباعث - القاعدة) منحازة أمامياً . وكذلك دائرة الخرج (الجامع - القاعدة) منحازة أمامياً أيضاً . لا يزداد تيار الجامع I_C بزيادة I_E . ويستخدم الترانزستور في هذه الحالة كمفتاح وصل ON SWITCH

والشكل ادناه يوضح منحنى خواص الاخراج لهيئة ربط القاعدة المشتركة

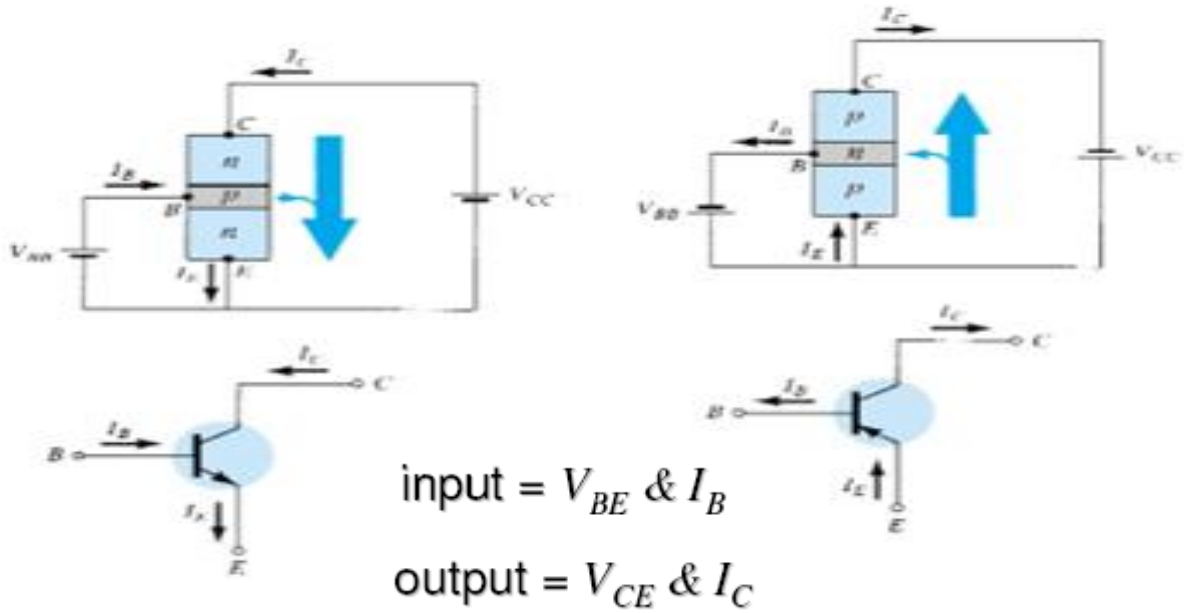


B - خصائص الداخل :

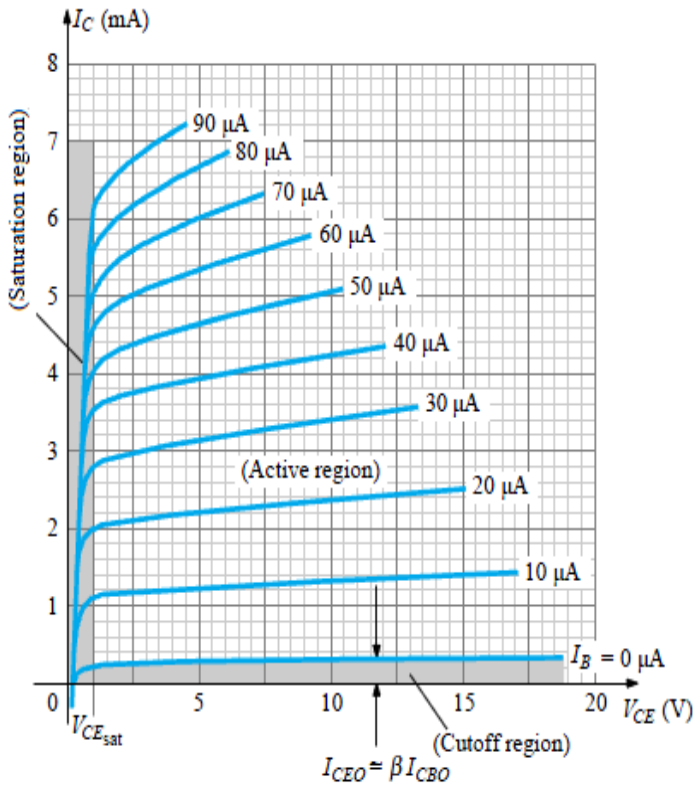
هو رسم بياني يمثل العلاقة بين فولتية الدخل V_{EB} و تيار الدخل I_E عند قيم ثابتة لفولتية الخرج V_{CB} يظل تيار الباعث I_E صغير جدا إلى أن تتغلب فولتية الدخل V_{EB} على جهد الحاجز وبعدها يزداد تيار الباعث بزيادة فولتية انحياز دائرة الخرج V_{CB} بزيادة تيار الباعث I_E عند ثبوت V_{EB} شكل ادناه خصائص الداخل للترانزستور مشترك القاعدة .



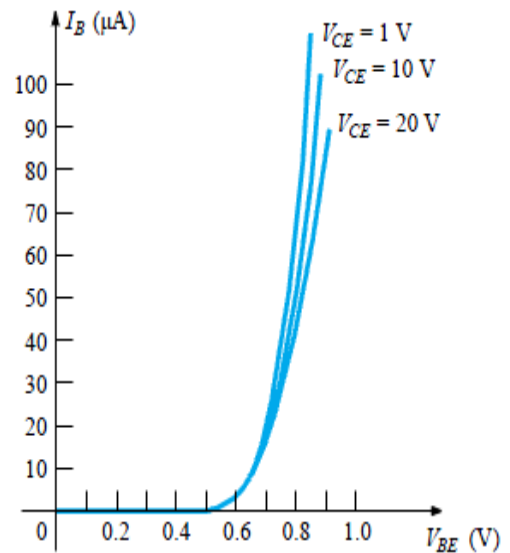
2 - خصائص الباعث المشترك COMMON EMITTER :



في هيئة ربط الباعث المشترك يكون طرف الباعث هو المشترك بين طرفي الادخال والاخراج وكما موضح بالشكل اعلاه فيما يوضح الشكل ادناه خواص الادخال وخواص الاخراج لهيئة ربط الباعث المشترك

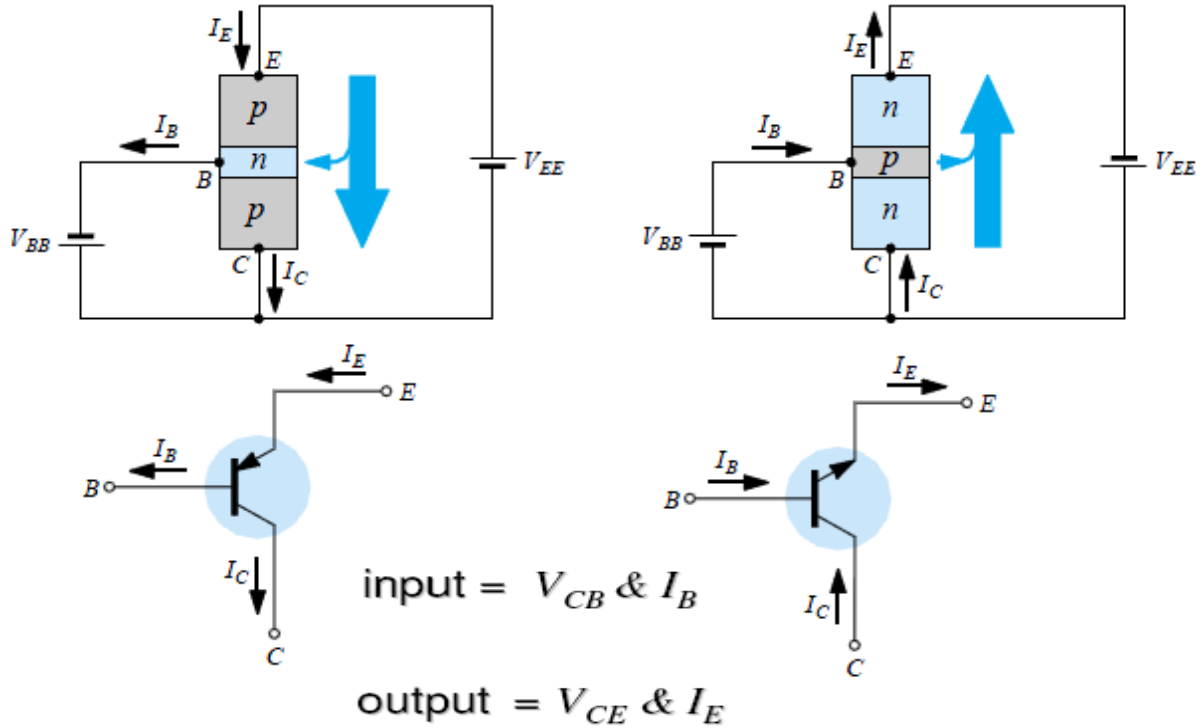


منحني خواص الاخراج لهيئة ربط الباعث المشترك



منحني خواص الادخال

3 - خصائص المجمع المشترك COMMON COLLECTOR:



المجمع المشترك يعني أن طرف المجمع مشترك بين دائرة الدخل (القاعدة — المجمع) ودائرة الخرج (الباعث — المجمع) .

ويلاحظ أن خصائص الخرج والدخل للمجمع المشترك تماثل خصائص الدخل والخرج للباعث المشترك .

خصائص الخرج IN PUT CHARACTERISTIC

علاقة بين جهد الباعث المجمع V_{EC} والتيار الباعث I_E عند ثبوت تيار القاعدة I_B

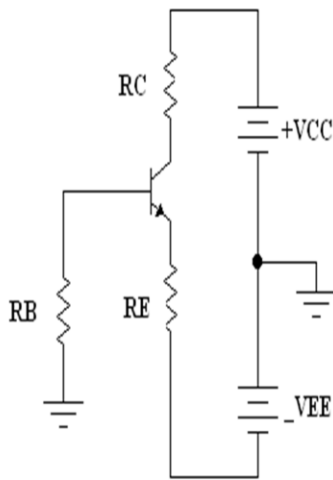
خصائص الدخل OUT PUT CHARACTERISTIC

علاقة بين جهد القاعدة المجمع V_{BC} والتيار القاعدة I_B عند ثبوت جهد الباعث المجمع V_{EC}

دوائر انحياز الترانزستور Transistor Biasing Circuits

يمكن تقسيم دوائر انحياز الترانزستور الى اربعة انواع وحسب المخطط الكتلي الموضح ادناه

انحياز الباعث
Emitter

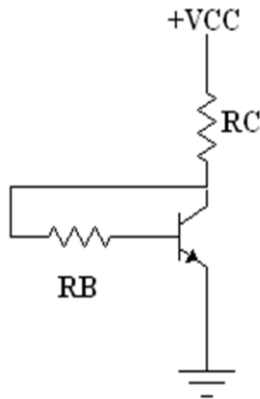


$$I_E = \frac{V_{EE}}{R_E}$$

$$I_{Csat} = \frac{V_{CC} + V_{EE}}{R_C + R_E}$$

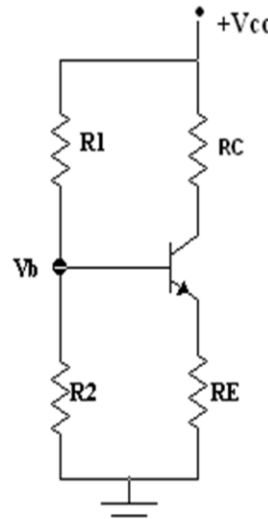
$$I_B = \frac{V_{CC} - V_{BE}}{R_B + (\beta + 1)R_E}$$

انحياز التغذية العكسية
للجامع
Collector feed back
bias



$$I_C = \frac{V_{CC} - V_{BE}}{R_C + \frac{R_B}{\beta_{dc}}}$$

انحياز مقسم الجهد
Voltage divider
bias

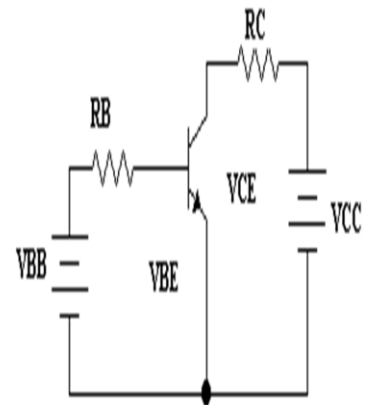


$$V_b = \frac{R_2}{R_1 + R_2} V_{CC}$$

$$I_E = \frac{V_b - V_{BE}}{R_E}$$

$$I_{Csat} = \frac{V_{CC}}{R_C + R_E}$$

انحياز القاعدة
Base Bias



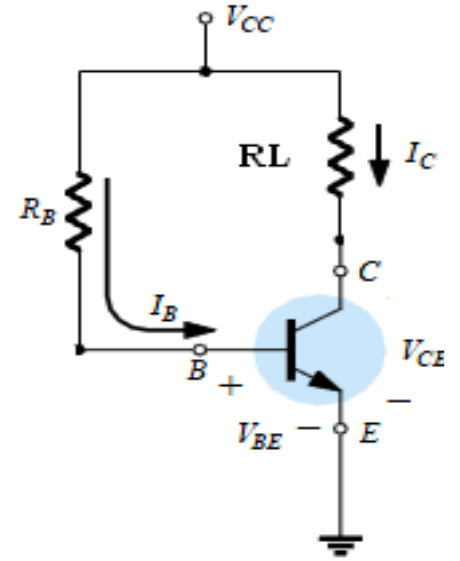
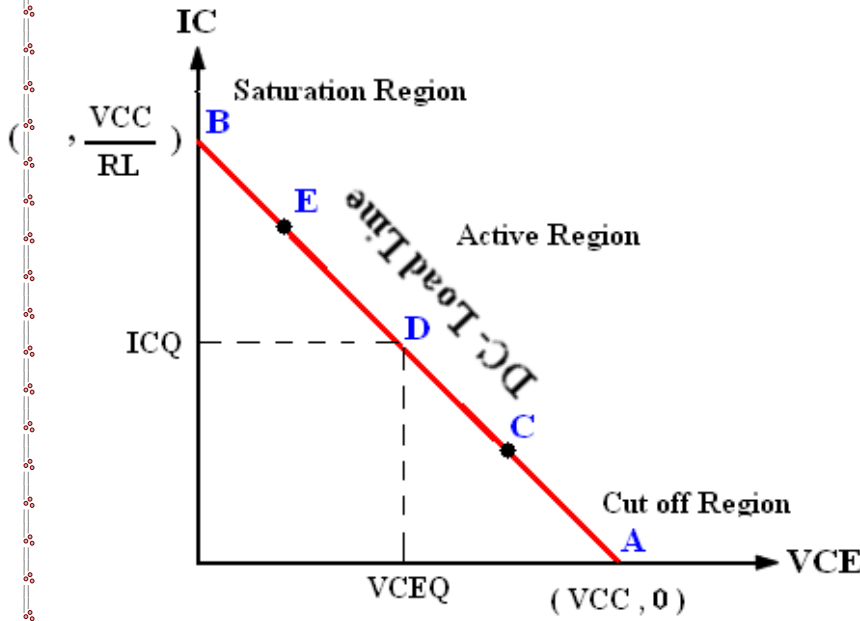
$$I_B = \frac{V_{BB} - V_{BE}}{R_B}$$

$$I_C = \beta I_B$$

$$I_{Csat} = \frac{V_{CC}}{R_C}$$

خط الحمل المستمر DC- Load Line

خط الحمل المستمر يمثل الخط الواصل بنقاط عمل الترانزستور المحصوره بين النهايه الصغرى (cut off point) والنهاية العليا (Saturation point) ومن نقطة تقاطع هذا الخط مع منحنى الخواص نحصل على نقطة عمل الترانزستور (Q – Point) ويمكن تحديد هاتين النقطتين كما يلي :-



لوحلنا الدائرة الموضحة بالشكل اعلاه باستخدام قانون كيرشوف حيث ان

$$V_{CC} = I_C R_L + V_{CE}$$

بالقسمة على R_L

$$\frac{V_{CC}}{R_L} = I_C + \frac{V_{CE}}{R_L}$$

$$\therefore I_C = \frac{V_{CC}}{R_L} - \frac{V_{CE}}{R_L}$$

$$I_C = -\frac{V_{CE}}{R_L} + \frac{V_{CC}}{R_L}$$

نلاحظ من المعادلة الاخيرة انها تشبه الى حد كبير معادلة المستقيم

$$Y = -Mx + C$$

وان ميل خط الحمل المستمر يساوي $-1/R_L$ كيف (H W) ???

لرسم خط الحمل المستمر نحتاج لتحديد نقطتين في منطقتين من مناطق عمل الترانزستور احدهما في منطقة القطع (Cut off Region) عندما يكون الترانزستور في حالة القطع والنقطة الاخرى في منطقة الاشباع (Saturation Region) أي عندما يكون الترانزستور في حالة التوصيل وكما يلي :-

1- Cut off point (A)

When

$$I_B = 0 \Rightarrow I_C = 0$$

$$V_{CC} = I_C R_L + V_{CE}$$

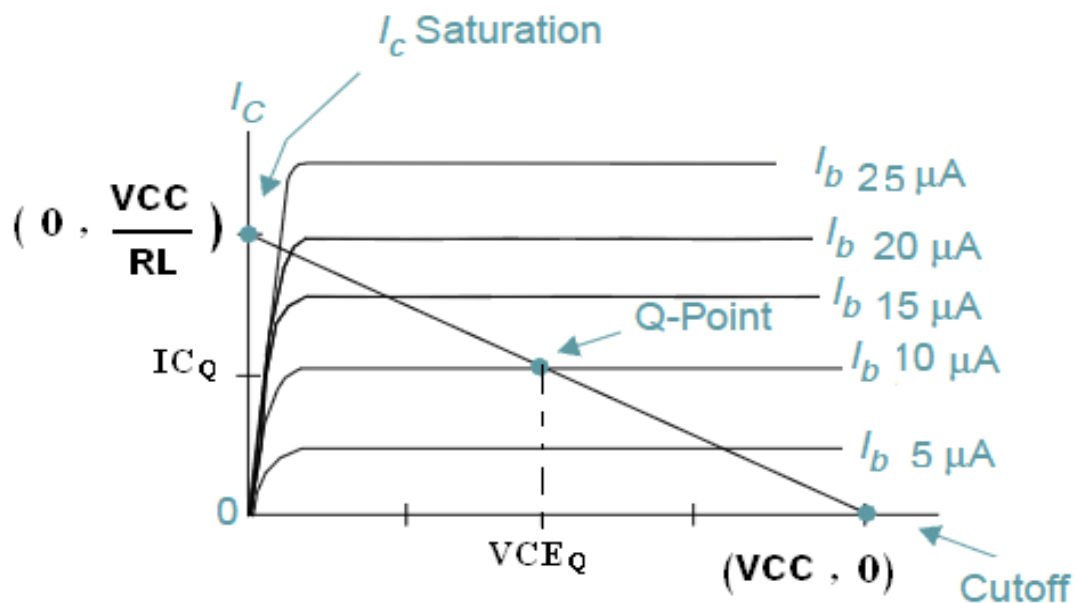
$$\therefore V_{CC} = V_{CE} (First.Point) \Rightarrow \{V_{CC}, 0\}$$

2- Saturation Point (B)

When $V_{CE}=0$

$$V_{CC} = I_C R_L + V_{CE}$$

$$\therefore I_C = \frac{V_{CC}}{R_L} \Rightarrow (Second.Point) \Rightarrow \{0, \frac{V_{CC}}{R_L}\}$$



خط الحمل المستمر DC- Load Line

نقطة عمل الترانزستور Q- Point

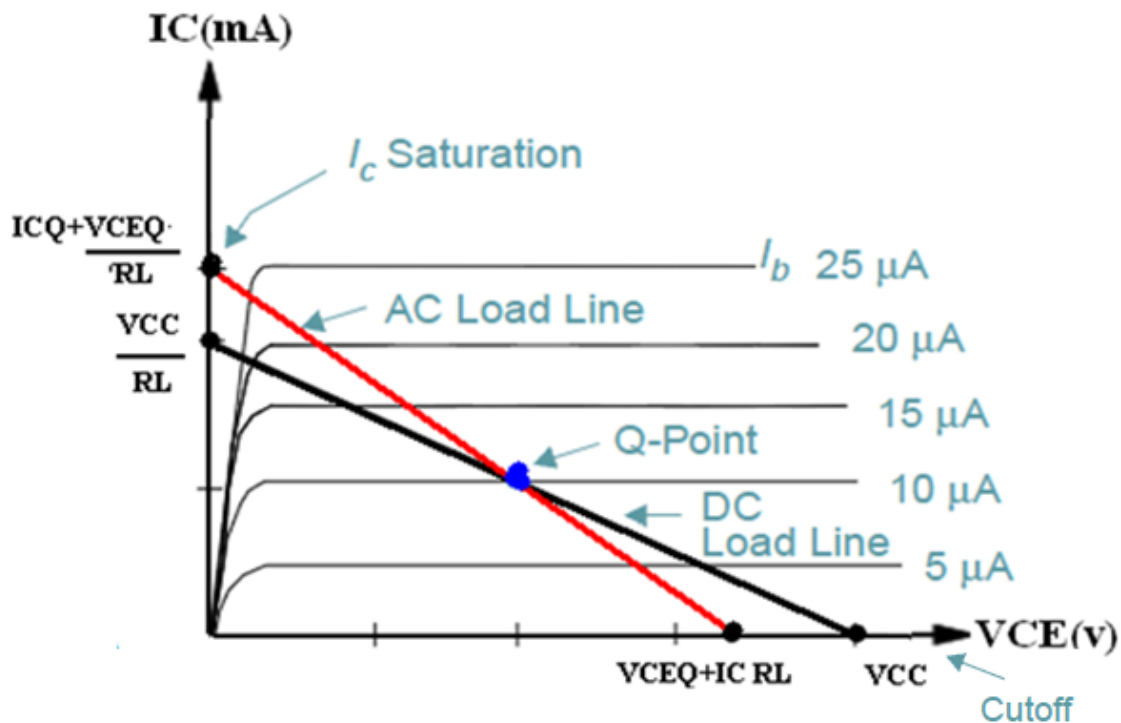
وهي النقطة الناتجة من تقاطع خط الحمل المستمر مع منحنى الخواص للترانزستور والتي تحدد طبيعة عمل الترانزستور (مكبر او مفتاح) وتكون على نوعين هما :-

١. نقطة عمل الترانزستور الساكنة (DC-Q- Point)

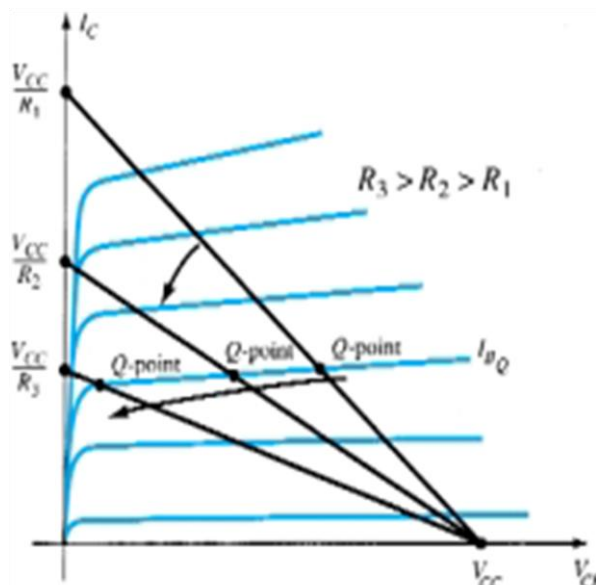
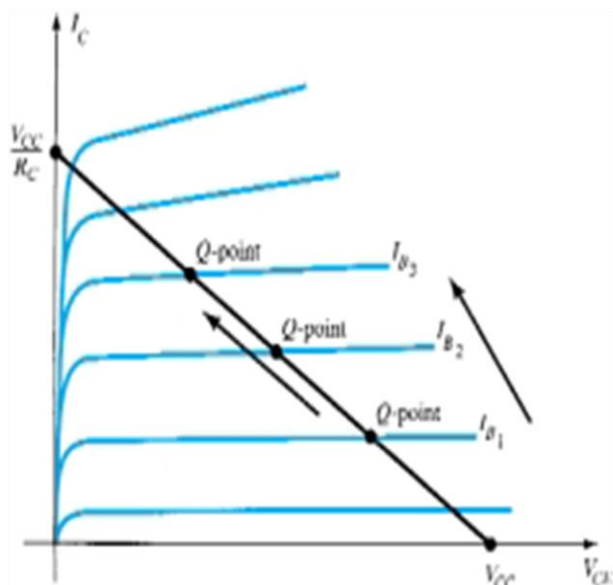
حيث تمثل نقطة عمل الترانزستور في حالة عدم تسليط إشارة ادخال حيث تمثل مقدار تيار الجامع الساكن (I_{CQ}) ومقدار الفولتية (V_{CEQ}) وحسب هيئة ربط دائرة الترانزستور .

٢. نقطة عمل الترانزستور المتناوبة (AC- Q-Point)

وهي نقطة عمل الترانزستور الحاصلة من تقاطع خط الحمل المستمر (DC-Load) مع خط الحمل المتناوب (AC- Load Line) في منحنى خواص الترانزستور .

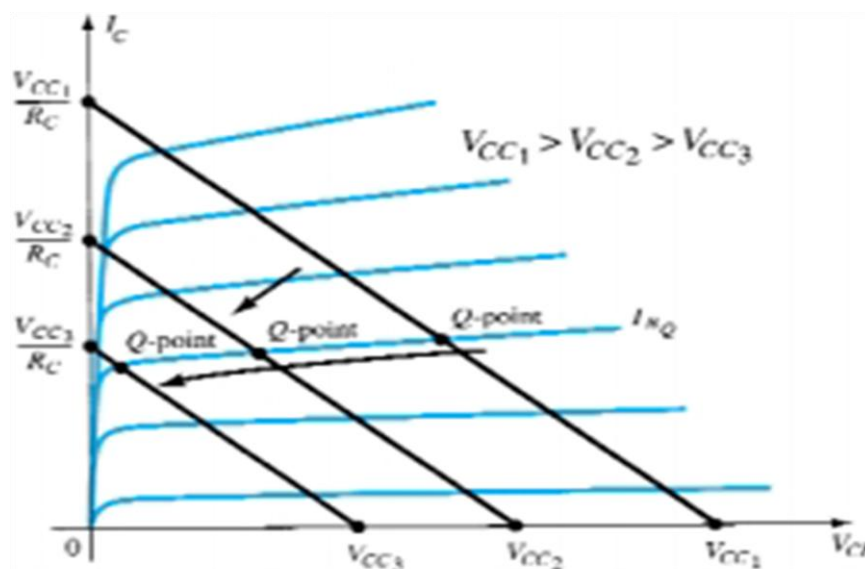


خط الحمل المستمر والمتناوب DC/AC Load Line



تغير مستويات خط الحمل المستمر مع تغير مقاومة الحمل

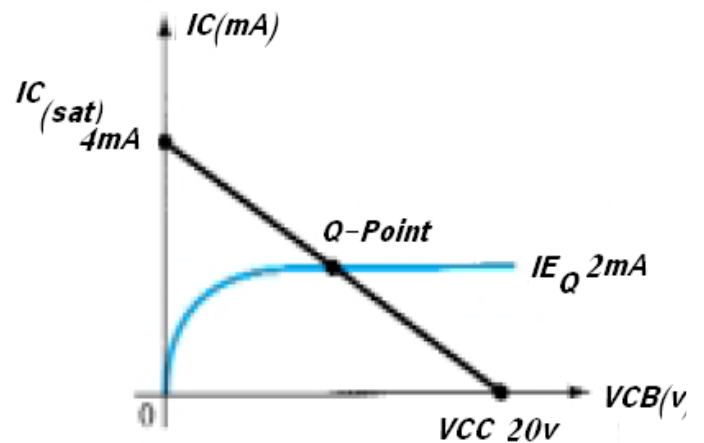
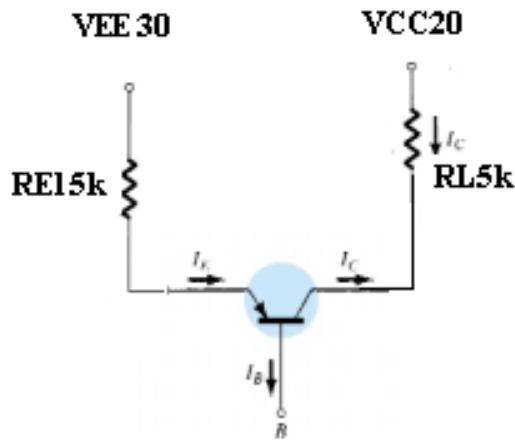
تغير موقع نقطة العمل مع تغير مستويات تيار القاعد



تأثير تغير VCC على خط الحمل

مثال EXAMPLE

في الدائرة الموضحة ادناه ارسم خط الحمل المستمر وحدد نقطة عمل الترانزستور



Solution

1-First Point (A) at Cut off

$$VCB = VCC = 20V$$

2-Second Point (B) at Saturation

$$IC_{(sat)} = \frac{VCC}{RL} = \frac{20V}{5k} = 4mA$$

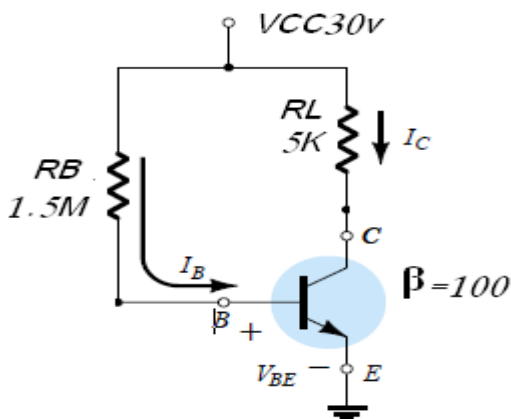
$$IE = \frac{VEE}{RE} = \frac{30V}{15k} = 2mA$$

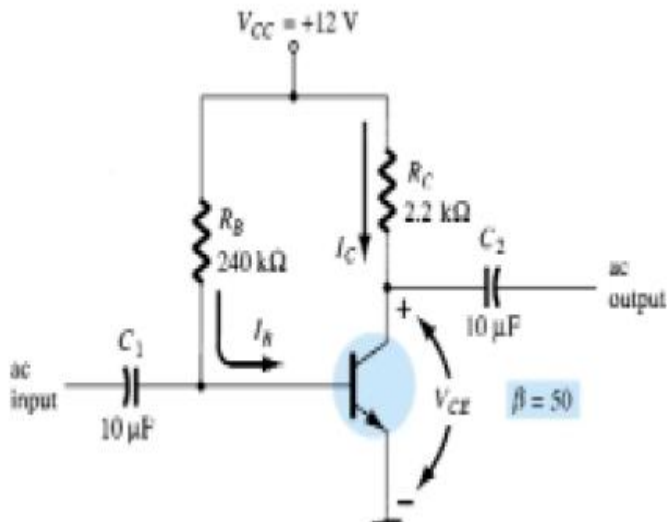
$$IC = \alpha IE = 2mA = IC_Q$$

$$VCB = VCC - (IC \times RL) = 20 - (2 \times 5) = 10V (VCB_Q)$$

مثال (H-W) EXAMPLE

في دائرة الباعث المشترك (CE) الموضحة بالشكل ادناه ارسم خط الحمل المستمر ثم حدد نقطة عمل الترانزستور





EXAMPLE مثال

في الدائرة الموضحة أدنا احسب

$$I_{B_Q}, I_{C_Q}, V_{CE_Q}, V_B, V_C, V_{BC}$$

Solution

$$I_{B_Q} = \frac{V_{CC} - V_{BE}}{R_B} = \frac{12 \text{ V} - 0.7 \text{ V}}{240 \text{ k}\Omega} = 47.08 \mu\text{A}$$

$$I_{C_Q} = \beta I_{B_Q} = (50)(47.08 \mu\text{A}) = 2.35 \text{ mA}$$

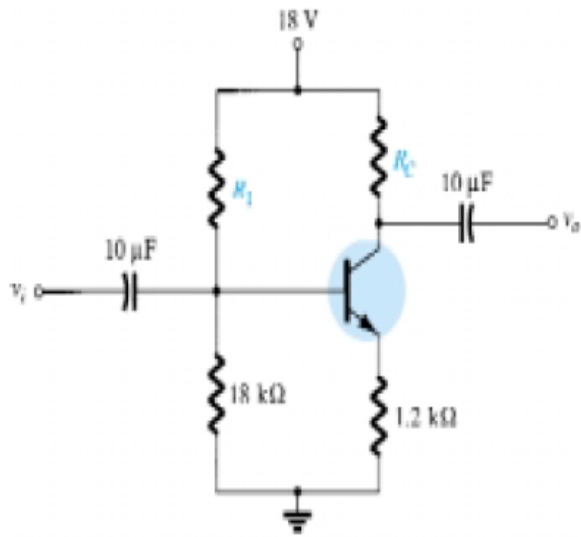
$$\begin{aligned} V_{CE_Q} &= V_{CC} - I_{C_Q} R_C \\ &= 12 \text{ V} - (2.35 \text{ mA})(2.2 \text{ k}\Omega) \\ &= 6.83 \text{ V} \end{aligned}$$

$$V_B = V_{BE} = 0.7 \text{ V}$$

$$V_C = V_{CE} = 6.83 \text{ V}$$

$$\begin{aligned} V_{BC} &= V_B - V_C = 0.7 \text{ V} - 6.83 \text{ V} \\ &= -6.13 \text{ V} \end{aligned}$$

EXAMPLE مثال



في الدائرة الموضحة ادناه اذا علمت ان $V_{CEQ} = 10 \text{ V}$ و $I_{CQ} = 2 \text{ mA}$ احسب R_C و R_1

Solution

$$V_E = I_E R_E \cong I_C R_E$$

$$= (2 \text{ mA})(1.2 \text{ k}\Omega) = 2.4 \text{ V}$$

$$V_B = V_{BE} + V_E = 0.7 \text{ V} + 2.4 \text{ V} = 3.1 \text{ V}$$

$$V_B = \frac{R_2 V_{CC}}{R_1 + R_2} = 3.1 \text{ V}$$

$$\frac{(18 \text{ k}\Omega)(18 \text{ V})}{R_1 + 18 \text{ k}\Omega} = 3.1 \text{ V}$$

$$324 \text{ k}\Omega = 3.1 R_1 + 55.8 \text{ k}\Omega$$

$$3.1 R_1 = 268.2 \text{ k}\Omega$$

$$R_1 = \frac{268.2 \text{ k}\Omega}{3.1} = 86.52 \text{ k}\Omega$$

$$R_C = \frac{V_{R_C}}{I_C} = \frac{V_{CC} - V_C}{I_C}$$

$$V_C = V_{CE} + V_E = 10 \text{ V} + 2.4 \text{ V} = 12.4 \text{ V}$$

$$R_C = \frac{18 \text{ V} - 12.4 \text{ V}}{2 \text{ mA}}$$

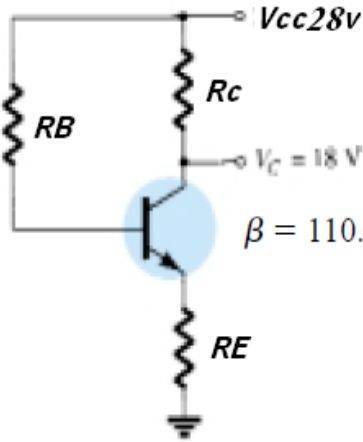
$$= 2.8 \text{ k}\Omega$$

مثال EXAMPLE

في دائرة الترانزستور هيئة انحياز الباعث تملك المواصفات التالية

$$I_{CQ} = \frac{1}{2}I_{C_{sat}}, I_{C_{sat}} = 8 \text{ mA}, \quad V_C = 18 \text{ V}, \quad \beta = 110.$$

احسب R_C , R_E , R_B .



$$I_{CQ} = \frac{1}{2}I_{C_{sat}} = 4 \text{ mA}$$

$$R_C = \frac{V_{R_C}}{I_{CQ}} = \frac{V_{CC} - V_C}{I_{CQ}} = \frac{28 \text{ V} - 18 \text{ V}}{4 \text{ mA}} = 2.5 \text{ k}\Omega$$

$$I_{C_{sat}} = \frac{V_{CC}}{R_C + R_E}$$

$$R_C + R_E = \frac{V_{CC}}{I_{C_{sat}}} = \frac{28 \text{ V}}{8 \text{ mA}} = 3.5 \text{ k}\Omega$$

$$R_E = 3.5 \text{ k}\Omega - R_C = 3.5 \text{ k}\Omega - 2.5 \text{ k}\Omega = 1 \text{ k}\Omega$$

$$I_{BQ} = \frac{I_{CQ}}{\beta} = \frac{4 \text{ mA}}{110} = 36.36 \mu\text{A}$$

$$I_{BQ} = \frac{V_{CC} - V_{BE}}{R_B + (\beta + 1)R_E}$$

$$R_B + (\beta + 1)R_E = \frac{V_{CC} - V_{BE}}{I_{BQ}}$$

$$R_B = \frac{V_{CC} - V_{BE}}{I_{BQ}} - (\beta + 1)R_E = \frac{28 \text{ V} - 0.7 \text{ V}}{36.36 \mu\text{A}} - (111)(1 \text{ k}\Omega)$$

$$= \frac{27.3 \text{ V}}{36.36 \mu\text{A}} - 111 \text{ k}\Omega$$

$$= \frac{27.3 \text{ V}}{36.36 \mu\text{A}} - 111 \text{ k}\Omega$$

$$= 639.8 \text{ k}\Omega$$

نظرية التراكب لتحليل دوائر الترانزستور Super Position Theory

ان استخدام الترانزستور كمكبر يتطلب تطبيق فولتيات مستمرة ومتناوبة مما يتطلب ايجاد طريقة لتحليل سلوك دوائر الترانزستور وان ايسط طريقة للتحليل هو التجزئة الى قسمين تحليل مستمر (DC) و تحليل متناوب (AC) وكما يلي :-

1- الدائر المكافئة المستمرة DC –equivalent Circuit

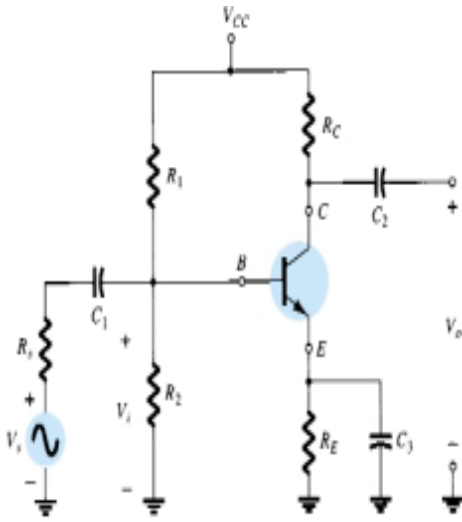
للحصول على الدائر المكافئة المستمرة تتبع الخطوات لتالية :-

- (1) اختزال كافة المصادر المتناوبة الى الصفر (Circuit Short)
- (2) فتح كافة متسعات الاقران والامرار (Open Circuit)

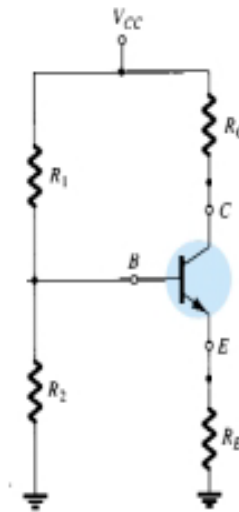
2- الدائرة المكافئة المتناوبة AC- equivalent Circuit

للحصول على الدائر المكافئة المتناوبة تتبع الخطوات لتالية :-

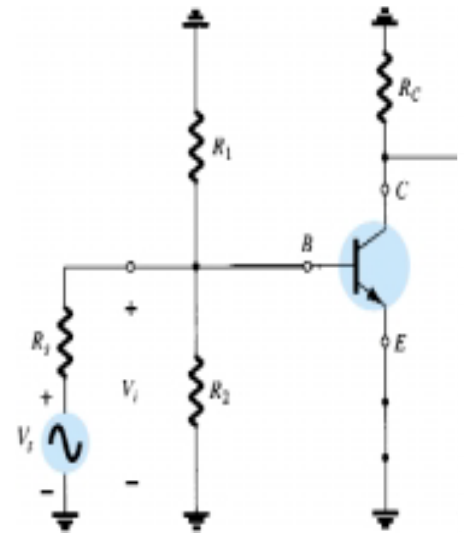
- (1) اختزال كافة المصادر المستمرة الى الصفر (Short Circuit)
- (2) قصر كافة متسعات الاقران والامرار (Short Circuit)



الدائرة الأصلية



الدائرة المكافئة المستمرة



الدائرة المكافئة المتناوبة

المكبرات AMPLIFIER

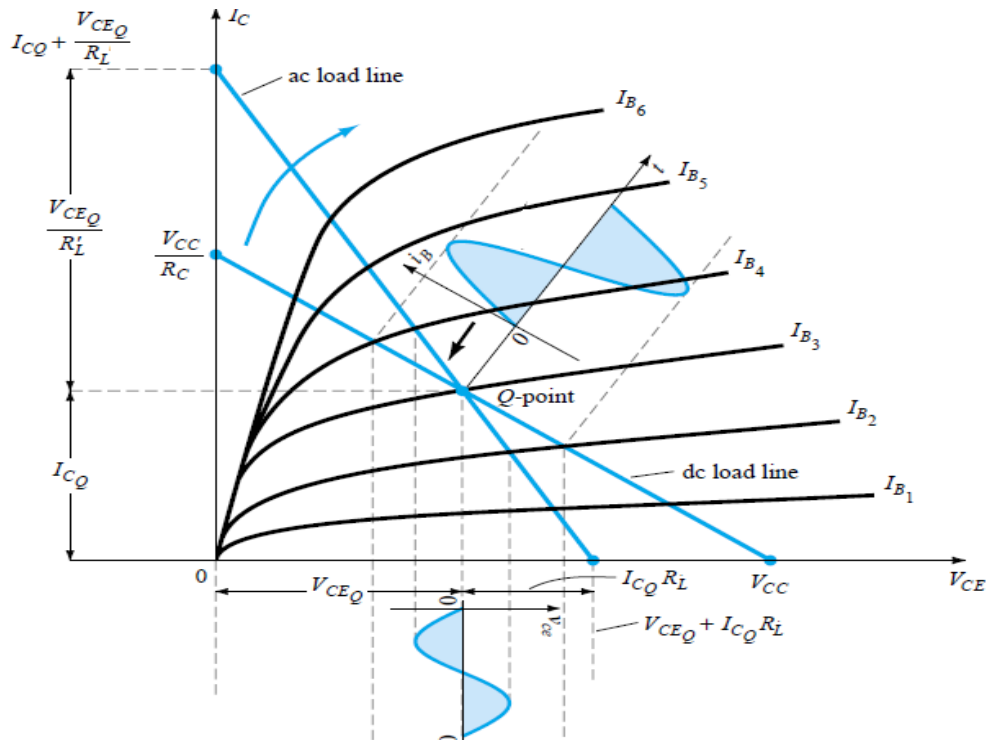
التكبير Amplification

وهي عملية زيادة شدة الاشارة بسبب معدل التغيرات في تيار الادخال والتي تنعكس على دائرة الاخراج للمكبر بالاعتماد علي مقدار فولتية الانحياز ومعامل التكبير للترانزستور (β) وهذا يحدث في المنطقة الفعالة (Active Region) أي عندما تكون وصلة القاعدة الباعث بالانحياز الامامي (FB) بينما تكون وصلة القاعدة الجامع بالانحياز العكسي (RB).

المكبر Amplifier

دائرة الكترونية تستعمل لزيادة التيار - الفولتية او القدرة لاشارة الادخال بالاعتماد على هيئة الربط (Configuration) للمكبر ونوعيته.

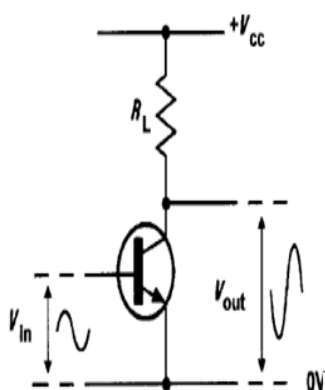
والرسم البياني لخواص اخراج مكبر الباعث المشترك يوضح التغيرات التي تحدث لاشارة الادخال وانعكاسها على كل من تيار الجامع (I_C) والفولتية (V_{CE}).



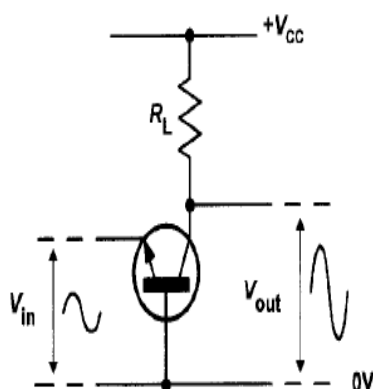
أنواع المكبرات

تصنف المكبرات وفق اعتبارات عديدة اهمها التصنيف وفق هيئة ربط دائرة المكبر والتي تشمل الانواع التالية :-

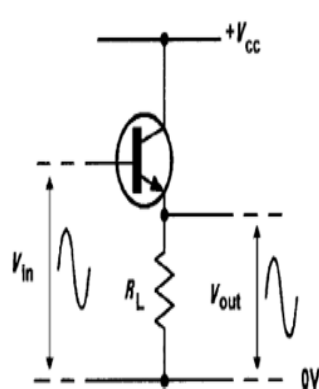
١. مكبر الباعث المشترك (CE - Amplifier)
٢. مكبر الجامع المشترك (CC- Amplifier)
٣. مكبر القاعدة المشتركة (CB - Amplifier)



مكبر ربط هيئة الباعث المشترك
Common-emitter configuration



مكبر ربط هيئة القاعدة المشتركة
Common-base configuration



مكبر ربط هيئة الجامع المشترك (تابع الباعث)
Common-collector (emitter follower) configuration

جدول يوضح مقارنة بين هيئات ربط المكبرات BJT amplifier circuit configurations

المعاملات Parameter	نموذج ربط المكبر Mode of operation		
	Common emitter	Common collector	Common base
Voltage gain ربح الفولتية	medium/high (40)	unity (1)	high (200)
Current gain ربح التيار	high (200)	high (200)	unity (1)
Power gain ربح القدرة	very high (8,000)	high (200)	high (200)
Input resistance ممانعة الادخال	medium (2.5 kΩ)	high (100 kΩ)	low (200 Ω)
Output resistance ممانعة الاخراج	medium/high (20 kΩ)	low (100 Ω)	high (100 kΩ)
Phase shift فرق الطور	180°	0°	0°
Typical applications التطبيقات العملية	يستخدم لأغراض العامة General-purpose AF and RF amplifiers	يستخدم للتوافق بين الممانعات Impedance matching; input and output stages	يستخدم في المكبرات الراديوية RF and VHF/UHF amplifiers

الدوائر المكافئة للترانزستور ونماذجها

Transistor Equivalent Circuits and Models

مقدمة

لكي نفهم سلوك مكبرات الاشارة الصغيرة (small-signal transistor amplifier) من المهم ان نتعرف على خصائص عملها وهذا يعني التعرف على عوامل دائرة المكبر مثل (ممانعة الادخال ، ممانعة الاخراج ، ربح الفولتية ... الى اخره).

وان هذا الموضوع لحد الان يحدد الخواص بواسطة استخدام المعامل (β) باعتبار ان اغلب دوائر المكبرات تربط بهيئة الباعث المشترك (CE) وهذه الطريقة للتحليل تمتاز بميزتين اساسيتين هما :-

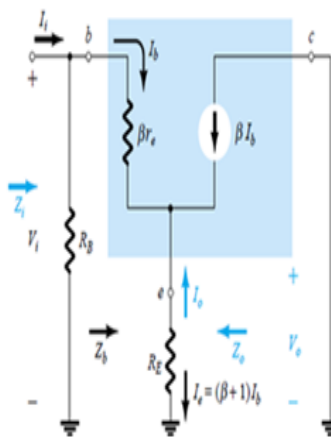
اولاً: أن قيم مكونات الدائرة متوفرة بسهولة .

ثانياً: خطواتها يسهل فهمها .

كما توجد سيئة اساسية في هذا النوع من التحليل هي انها الحصول منها على نتائج دقيقة بسبب ان الادخال والاخراج في دوائر مكبرات الترانزستور ليس مستقلة بالكامل ، فمثلاً تيار الاخراج يتأثر بواسطة مقاومة الحمل (RL) بدلاً من أن يكون ثابت القيمة عند (βI_B) ، بنفس الطريقة فولتية الاخراج تتأثر بأدخال الدائرة . ويمكن تقسيم الدوائر المكافئة للترانزستور الى مايلي:-

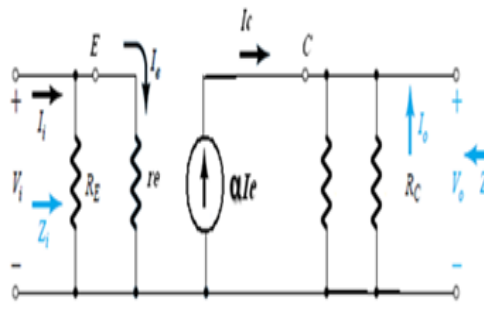
نموذج الدائرة المكافئة للمكبرات باستخدام المعاملات

$$r_e, \beta$$



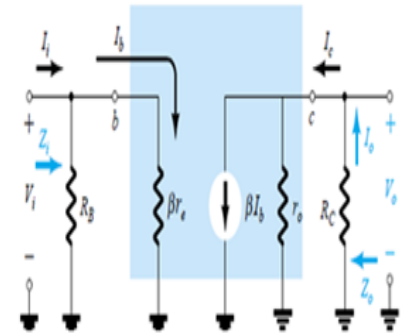
الدائرة المكافئة لمكبر الجامع المشترك (تابع الباعث)

Equivalent Circuit- (Cc)



الدائرة المكافئة لمكبر القاعدة المشتركة

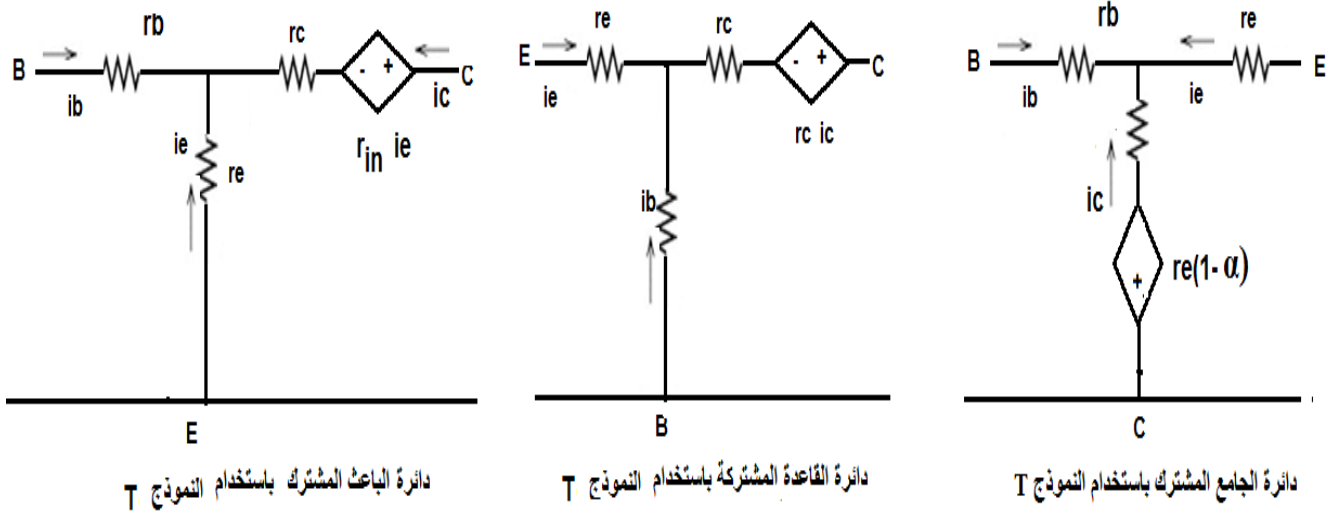
Equivalent Circuit - (CB)



الدائرة المكافئة لمكبر الباعث المشترك

Equivalent Circuit - (CE)

نماذج الدائرة المكافئة للمكبرات باستخدام النموذج T



الدائرة المكافئة المتناوبة للترانزستور باستخدام الثوابت الهجينة

AC – Equivalent Circuit For Transistor By H- Parameter

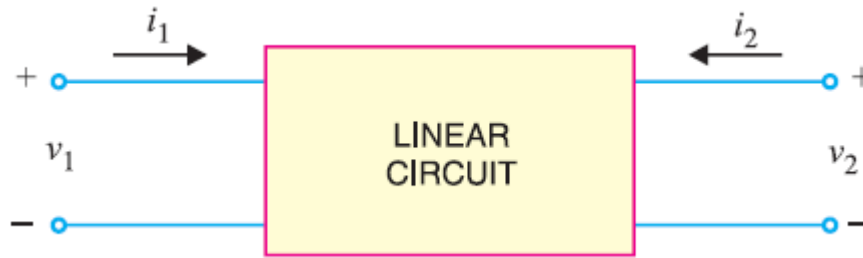
واحدة من الطرق التي تأخذ بالحساب كل التأثيرات في الادخال والايخارج للمكبرات هي تحليل دوائر مكبرات الترانزستور باستخدام المعاملات الهجينة (H- Parameter).

هناك اربعة عوامل او ثوابت تصف سلوك شبكة خطية ذات مدخلين وكما كوضح بالمخطط الكتلي ادناه . والعوامل الهجينة الاربعة (H- Parameter) يمكن ان تكتب اضافة الى حرف (h) وبجانبه رقمين (h_{11} , h_{21} , h_{12} , h_{22}) حيث يشير الرقم الاول الى كميات الادخال فيما يشير كميات الاخراج بينما الحرف (h) يشير الى مختصر كلمة (hybrid) والتي تعني الهجين كون العامل الهجيني يمكن ان يكون له وحدات مختلفة . فيما نستبدل الرقم برموز يشير الى الكمية التي يمثلها هذا العامل كما سنلاحظ من خلال التحليل .

ومن اهم ميزات استخدام المعاملات الهجينة هي :-

- الحصول على نتائج دقيقة بسبب انها تأخذ بالحساب التأثيرات في الادخال والايخارج .
- هذه المعاملات يمكن ان تقاس بسهولة جدا .

والمخطط ادناه يمثل دائرة خطية لها اطراف ادخال واخراج يمكن تحليلها للحصول على معادلتى الفولتية والتيار الموضحة ادناه



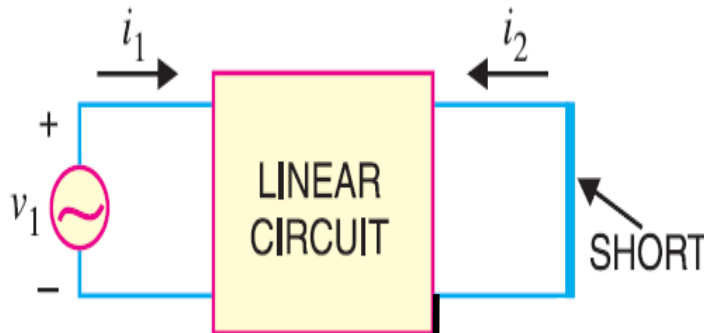
$$v_1 = h_{11} i_1 + h_{12} v_2 \quad \dots(i)$$

$$i_2 = h_{21} i_1 + h_{22} v_2 \quad \dots(ii)$$

ولحساب المعامل الهجينى نحلل الدائرة اعلاه في حالتين مرة بقصر دائرة الاخراج والمرة الاخرى بفتح دائرة الادخال وكما يلي

٠١ لايجاد المعاملين (h_{11} , h_{21}) من خلال قصر دائرة الاخراج (Out Put Short Circuit)

٠٢ ايجاد المعاملين (h_{12} , h_{22}) من خلال فتح دائرة الادخال (in put open Circuit)



$$v_1 = h_{11} i_1 + h_{12} v_2 \quad \dots(i)$$

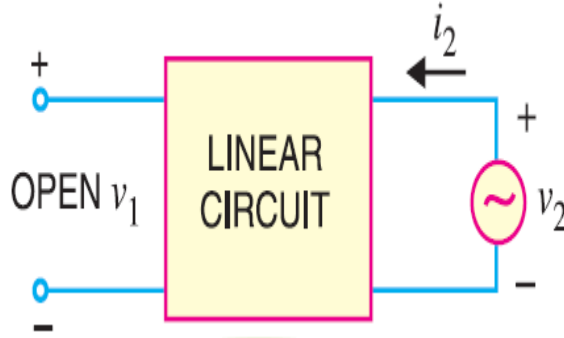
$$v_1 = h_{11} i_1 + h_{12} \times 0$$

$$h_{11} = \frac{v_1}{i_1} \text{ for } v_2 = 0 \text{ i.e. output shorted}$$

$$i_2 = h_{21} i_1 + h_{22} v_2 \quad \dots(ii)$$

$$i_2 = h_{21} i_1 + h_{22} \times 0$$

$$h_{21} = \frac{i_2}{i_1} \text{ for } v_2 = 0 \text{ i.e. output shorted}$$



$$v_1 = h_{11} i_1 + h_{12} v_2 \quad \dots(i)$$

$$v_1 = h_{11} \times 0 + h_{12} v_2$$

$$h_{12} = \frac{v_1}{v_2} \text{ for } i_1 = 0 \text{ i.e. input open}$$

$$i_2 = h_{21} i_1 + h_{22} v_2 \quad \dots(ii)$$

$$i_2 = h_{21} \times 0 + h_{22} v_2$$

$$h_{22} = \frac{i_2}{v_2} \text{ for } i_1 = 0 \text{ i.e. input open}$$

من خلال تحليل العوامل الاربعه اتضح لنا ماييلي

$$1. \text{ المعامل } (h_{11}) \text{ يمثل النسبة } h_{11} = \left. \frac{V_1}{I_1} \right|_{V_2=0} \text{ وهذه النسبة تمثل مقاومه}$$

وحدة قياسها الاوم لذلك يمكن اعادة صياغتها بالرمز (h_i) (Input Resistance)

$$2. \text{ المعامل } (h_{21}) \text{ يمثل النسبة } h_{21} = \left. \frac{I_2}{I_1} \right|_{V_2=0} \text{ وهذه النسبة تمثل الربح في}$$

التيار وهي كمية ليس لهاوحدات قياس ويمكن اعادة صياغتها بالرمز

(h_f) (Forward Current Gain)

$$3. \text{ المعامل } (h_{12}) \text{ يمثل النسبة } h_{12} = \left. \frac{V_1}{V_2} \right|_{I_1=0} \text{ وهذه النسبة تمثل معكوس ربح}$$

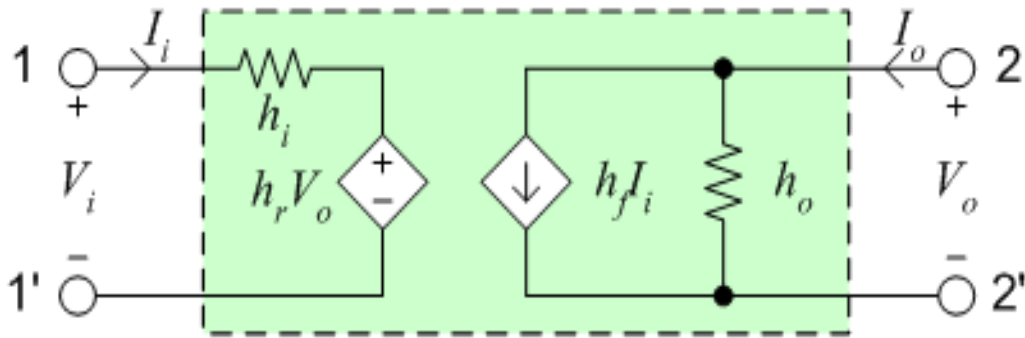
الفولتية وهي كمية ليس لهاوحدات قياس ويمكن اعادة صياغتها بالرمز (h_r) (reverse voltage Gain).

٤. المعامل (h_{22}) يمثل النسبة $h_{22} = \frac{I_2}{V_2} \bigg|_{I_1=0}$ وهذه النسبة تمثل معكوس

المقاومه (admittance.) وتقاس بوحدات mho عكس الاوم (Ω) ويمكن اعادة صياغتها بالرمز (h_o).

والجدول ادنا يمثل المعاملات الهجينة الاربعة برمزها الجديد وقد اضيف حرف اخر الى المعامل يمثل نوع هيئة الربط للمكبر مثلاً "الباعث المشترك"، القاعدة المشتركة او الجامع المشترك

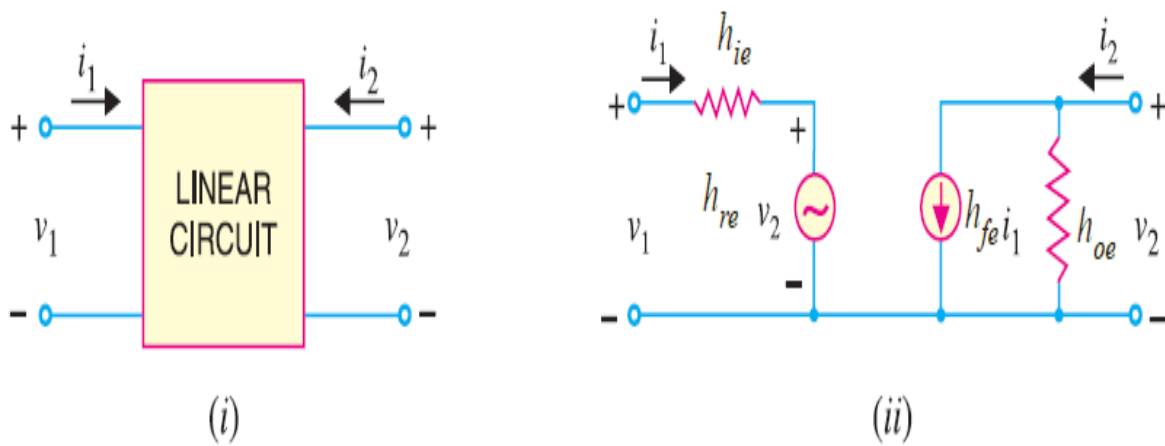
Condition	h parameter	CB	CE	CC
Out Put Shorted	h_{11}	h_{ib}	h_{ie}	h_{ic}
	h_{21}	h_{fb}	h_{fe}	h_{fc}
InPut Open	h_{12}	h_{rb}	h_{re}	h_{rc}
	h_{22}	h_{ob}	h_{oe}	h_{oc}



$$V_i = h_{11}I_i + h_{12}V_o = h_i I_i + h_r V_o$$

$$I_o = h_{21}I_i + h_{22}V_o = h_f I_i + h_o V_o$$

الشكل ادنا يوضح الدائرة المكافئة لمكبر الباعث المشترك باستخدام المعاملات الهجينة (H-Parameters).

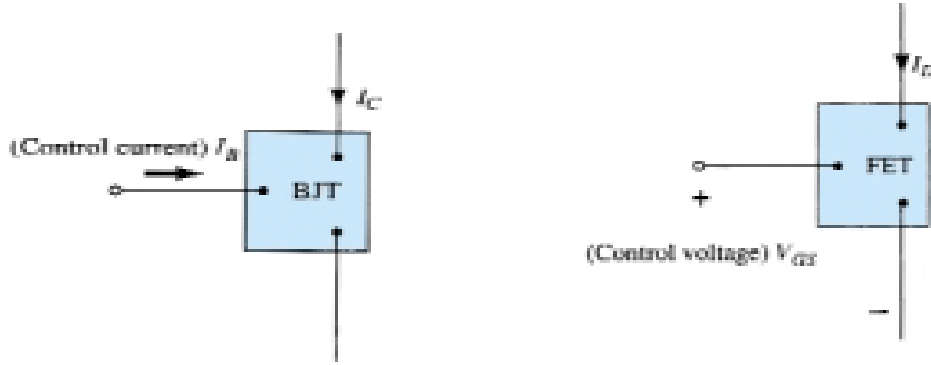


الترانزستور تأثير المجال Field Effect Transistor

مقدمة

قبل عام ١٩٥٢ بدأت الأبحاث لإنتاج مقاومة يمكن التحكم في قيمتها عن طريق تغيير المجال الكهربائي المطبق عليها ، ثم ما لبث أن أعلن العالم شوكلي (Shockley) في عام ١٩٥٢ عن اكتشافه ترانزستور التأثير المجالي. إلا أن استعمال هذا الترانزستور لم يتحقق إلا في عام ١٩٦٢ وذلك لعدم توافر الإمكانيات التقنية والتكنولوجية لتصنيعه في ذلك الوقت.

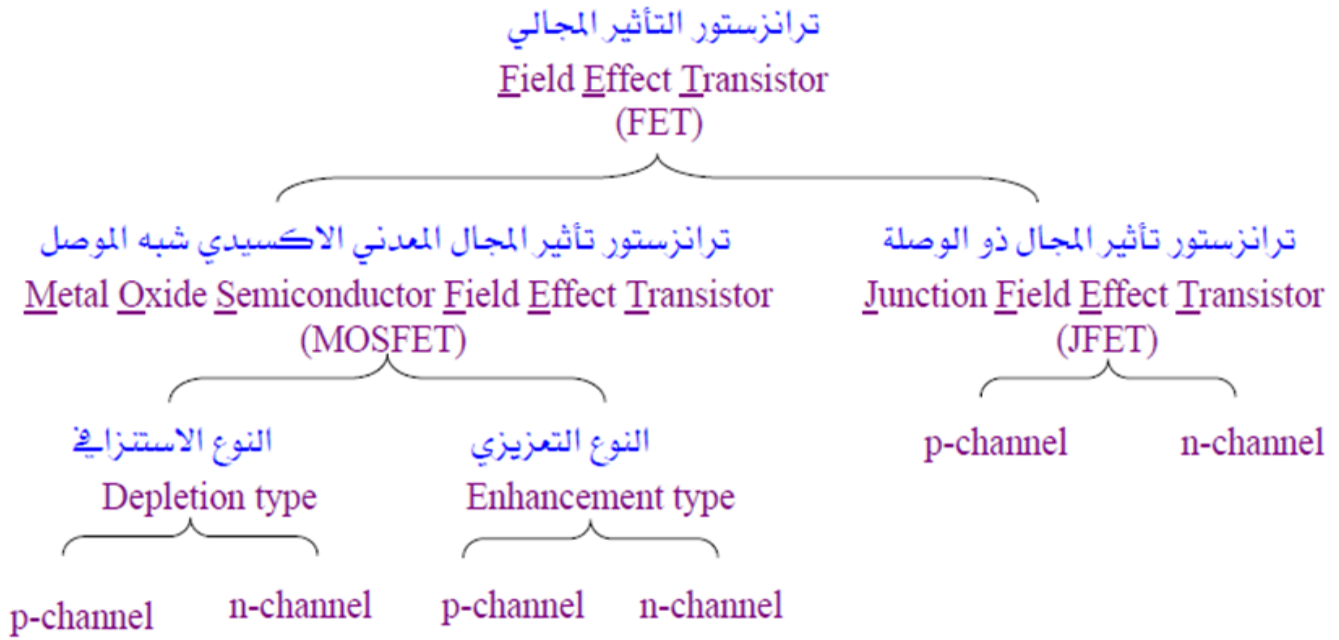
الترانزستور تأثير المجال (FET) هو نوع من الترانزستورات المصنوعة من المواد شبه الموصله والتي سبق وان تعرفنا على الصنف الاول منها وهو الترانزستور الثنائي (BJT) والاختلاف الابتدائي بين هذين النوعين هو أن الترانزستور الثنائي (BJT) في الواقع يعتمد التيار كعنصر سيطرة اما الترانزستور تأثير المجال (FET) فانه يعتمد الفولتية للسيطر وهذا ماسيتوضح لنا بشكل جلي عند دراسة خواص الترانزستور (FET) .



كما أن الترانزستور (BJT) ينقسم الى قسمين كما تعرفنا هما (PNP) و (NPN) تبعاً لتركيبه البلوري فيما ينقسم الترانزستور (FET) حسب تركيبه البلوري الى (channel- P) و (channel- N) كما من المهم ان نستذكر ان الترانزستور (BJT) هو عنصر ثنائي (Bipolar) والذي يعني انه يعتمد في عمله على حاملات الشحنة بنوعيهما (الالكترونات والفجوات) .

فيما يعتمد الترانزستور تأثير المجال (FET) على صنف واحد من حاملات الشحنة اما الالكترونات او الفجوات بالاعتماد على تركيبه البلوري لذلك يدعى هذا النوع من الترانزستورات بالاحادي (Unipolar) .

المخطط الكتلي ادنا يوضح بالتفصيل انواع الترانزستور تأثير المجال



مميزات الترانزستور تأثير المجال

- ١ - الاستقرار الحراري (thermal stability) حيث لا يعتمد التيار على حاملات التيار الأقلية التي تتأثر بتغير درجة الحرارة.
- ٢ - سهولة تصنيعه واحتلاله مساحة أقل في الدوائر المتكاملة.
- ٣ - أقل ضجيجاً.
- ٤ - مقاومة الدخل عالية جداً وتصل إلى عدة عشرات من الميجا أوم.
- ٥ - صلاحيته للترددات العالية أكثر من الترانزستور ثنائي القطبية، حيث تحتاج حاملات الشحنة في الترانزستور ثنائي القطبية إلى زمن للمبور مما يجعله غير فعال للترددات العالية.

٦ - له كفاءة (efficiency) أكبر من كفاءة الترانزستور ثنائي القطبية.

٧ - يمكن استعماله كحمل فعال (active load) في الدوائر المتكاملة.

في حين يمتاز الترانزستور ثنائي القطبية بـ كبر حاصل ضرب الكسب في العرض الترددي (gain bandwidth product) مقارنة بـ ترانزستور تأثير المجال.

التركيب البلوري لترانزستور تأثير المجال

يتكون ترانزستور تأثير المجال ذو الوصلة من مادة شبه موصل من النوع N أو النوع P طعم جانبيه ببعض الشوائب للحصول على منطقتين من مادة شبه الموصل من نوع معاكس لنوع الاول (منطقتان من النوع p- في البلورة من النوع N ومنطقتان من النوع N في البلورة من النوع p-) كما هو مبين بشكل أدناه . ويطلق على الترانزستور اسم ترانزستور تأثير المجال ذو القناة N (N-channel JFET) إذا كانت مادة البلورة من النوع N بينما يطلق على الترانزستور اسم ترانزستور تأثير المجال ذو القناة p- (p-channel JFET) إذا كانت مادة البلورة من النوع p-. ولترانزستور تأثير المجال ذو الوصلة ثلاث اطراف هي:

• **المنبع (Source (S):** هو طرف البلورة الذي تدخل من خلاله حاملات الشحنة الغالبة

(الالكترونات في حالة الترانزستور ذو القناة N والفجوات في حالة الترانزستور ذو القناة p-)

مكونة بذلك تيار المنبع (Source current) الذي يرمز له بالرمز I_S . ويناطر طرف المنبع (S) في

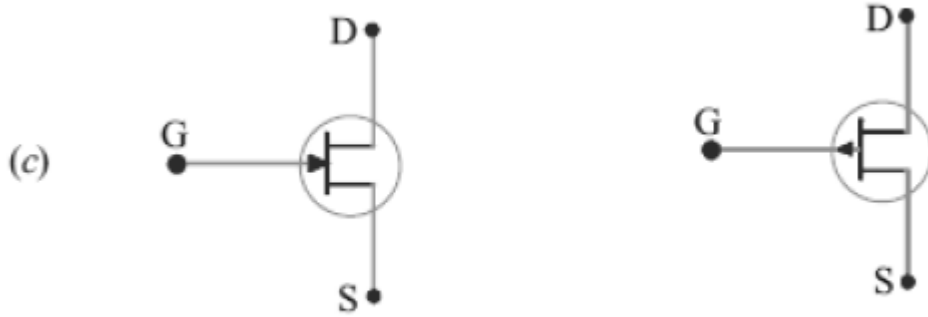
الترانزستور أحادي القطبية طرف الباعث (E) في الترانزستور ثنائي القطبية.

• **المصرف (Drain (D):** هو طرف البلورة الذي تخرج من خلاله حاملات الشحنة الغالبة مكونة

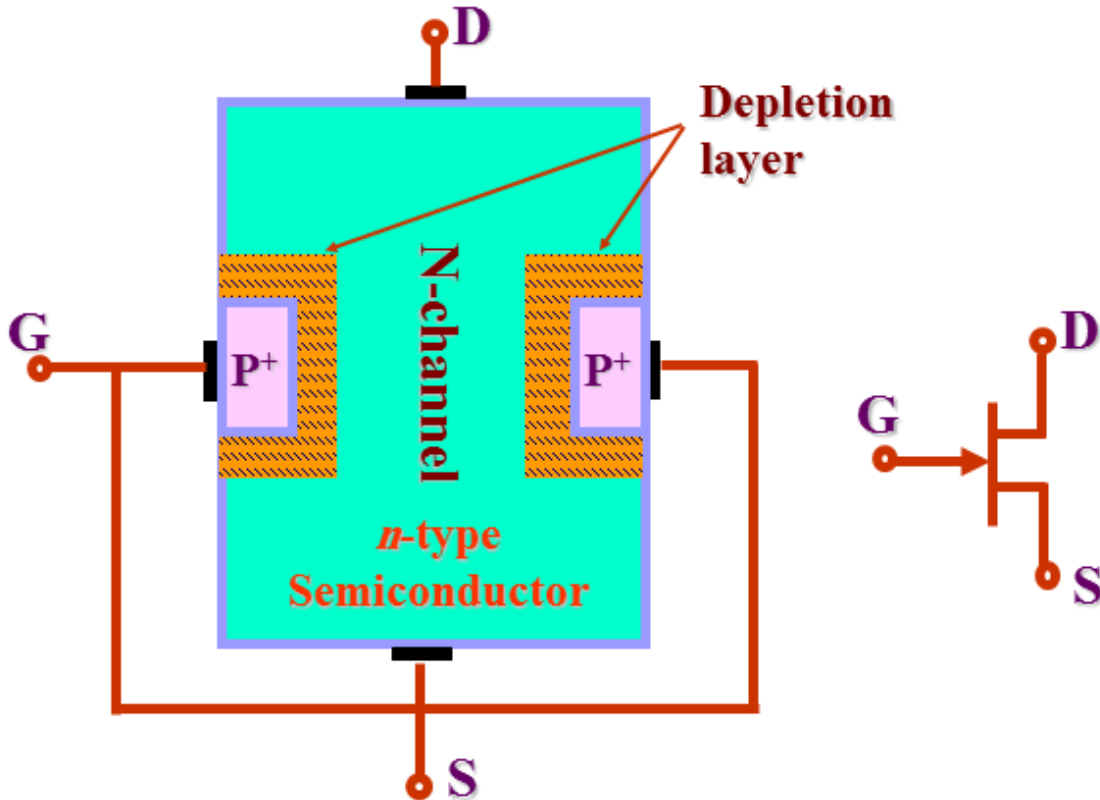
بذلك تيار المصرف (Drain current) الذي يرمز له بالرمز I_D . ويناطر طرف المصرف (D) في

الترانزستور أحادي القطبية طرف المجمع (C) في الترانزستور ثنائي القطبية.

- البوابة (G) Gate: هي عبارة عن المنطقتين الجانبيتين للبوابة وتكون البوابة من مادة معاكسة لنوع مادة البوابة وتتميز بتركيز عالٍ للشوائب وينافز طرف البوابة (G) في الترانزستور احادي القطبية طرف القاعدة (B) في الترانزستور ثنائي القطبية.

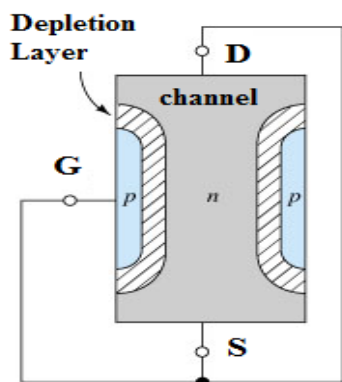
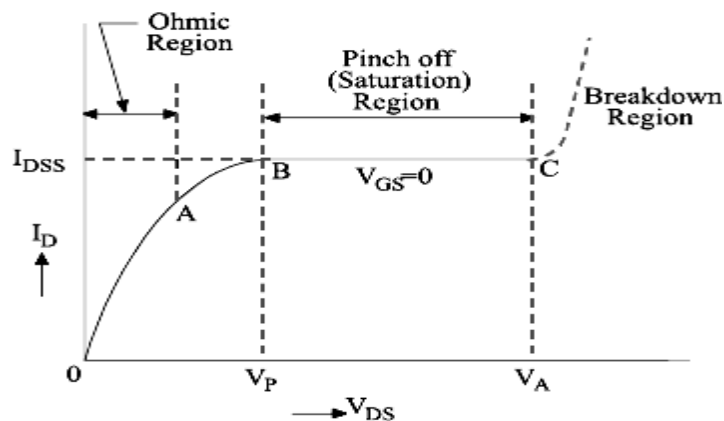
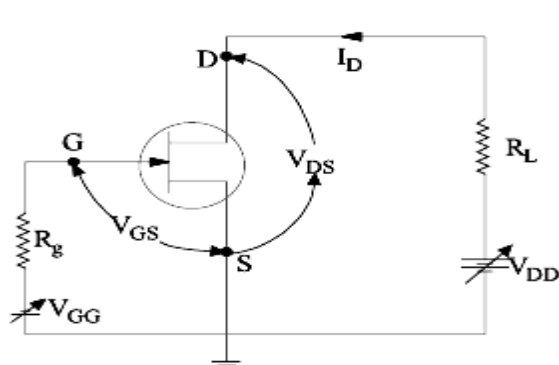


FET construction

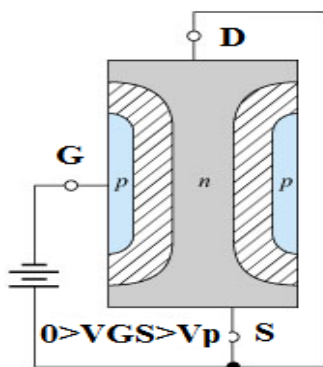


خواص الترانزستور تأثير المجال المستقرة Static

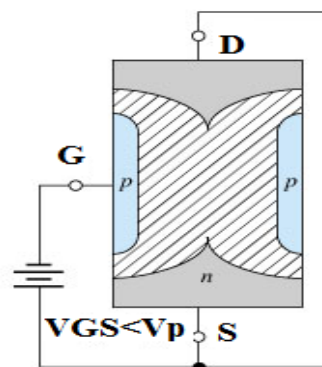
Characteristics of a JFET



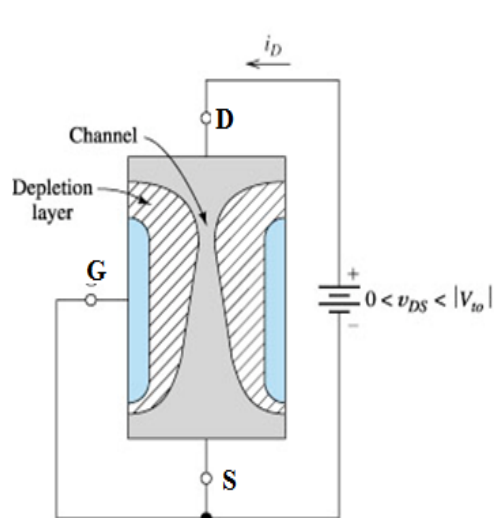
انحياز البوابة يساوي صفر تكون منطقة الاستنزاف ضيقة ينتج عنها مقاومة قليلة بين المصدر والمصرف



انحياز معتدل للبوابة ينتج عنه ضيق في القناة

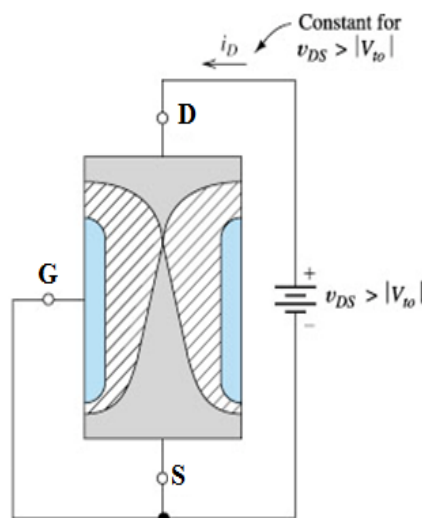


انحياز عكسي كبير للبوابة يسبب اتساع منطقة الاستنزاف وانغلاق القناة وزيادة مقاومتها



القناة يصبح ضيق بزيادة الفولتية

V_DS



يضيق مسار تيار المصرف عندما تكون

V_DS > V_P

الالكترونيات القدرة Power Electronics

إلكترونيات القوى (Power Electronics) حيث ستعرف على العناصر

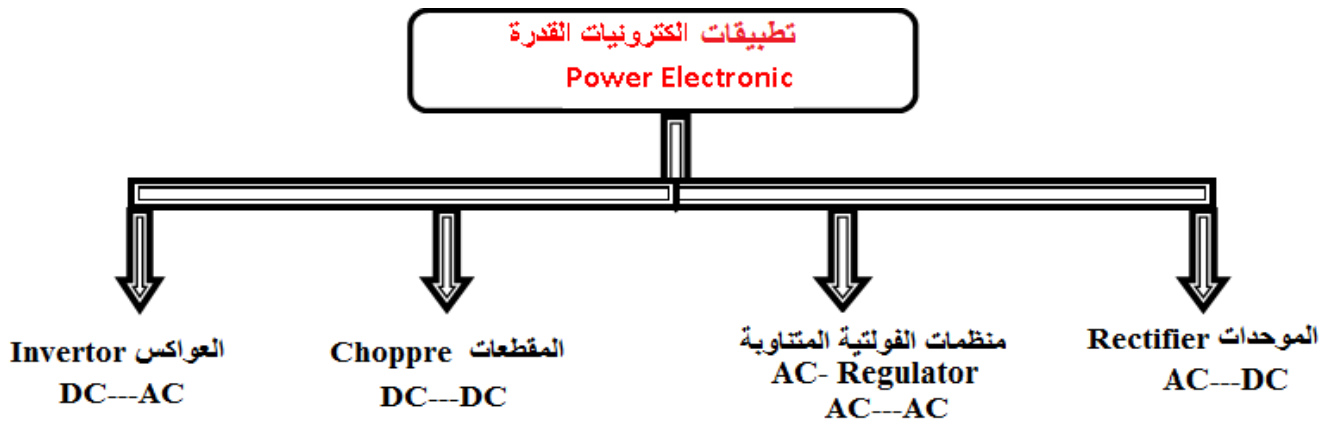
الإلكترونية التي تستعمل في أنظمة التحكم بالقدرة الكهربائية. لقد سهلت هذه العناصر من التحكم بالقدرة المنقولة للأحمال الكهربائية، وقللت من حجم دارات التحكم وتكلفتها، واستحوذت على دور كبير في مجال الإلكترونيات الصناعية. ومن بين هذه العناصر سنتناول عائلة الثايرستور (Thyristor)

عائلة الثايرستور

وهي عائلة من القطع الإلكترونية التي تتركب من أربع طبقات شبه موصلة (pnpn) مثل ثنائي شوكلي Shockley Diode، والمقوم السيلكوني المحكوم Silicon Controlled Rectifier SCR، والمفتاح السيلكوني المحكوم Silicon Controlled Switch SCS، والدياك (Diac) والترياك (Triac).

وهذه الثايرستورات المختلفة تتشارك بالإضافة إلى تركيبها رباعي الطبقات في أنها تكون ذات مقاومة عالية (دائرة مفتوحة) إلا أنه يؤثر عليها بجهد معين حتى تقدح، وعند قدحها تصبح مقاومتها صغيرة، وتبقى كذلك حتى يقل التيار المار فيها عن قيمة معينة، وبذلك يتم إطفائها ويعتمد ذلك على نوع العنصر.

تستعمل الثايرستورات للتحكم في مقدار القدرة المنقولة إلى حمل كهربائي ومثال ذلك التحكم بشدة الإنارة، التحكم بسرعة المحركات، أنظمة الاشتعال، وأنظمة الشحن،

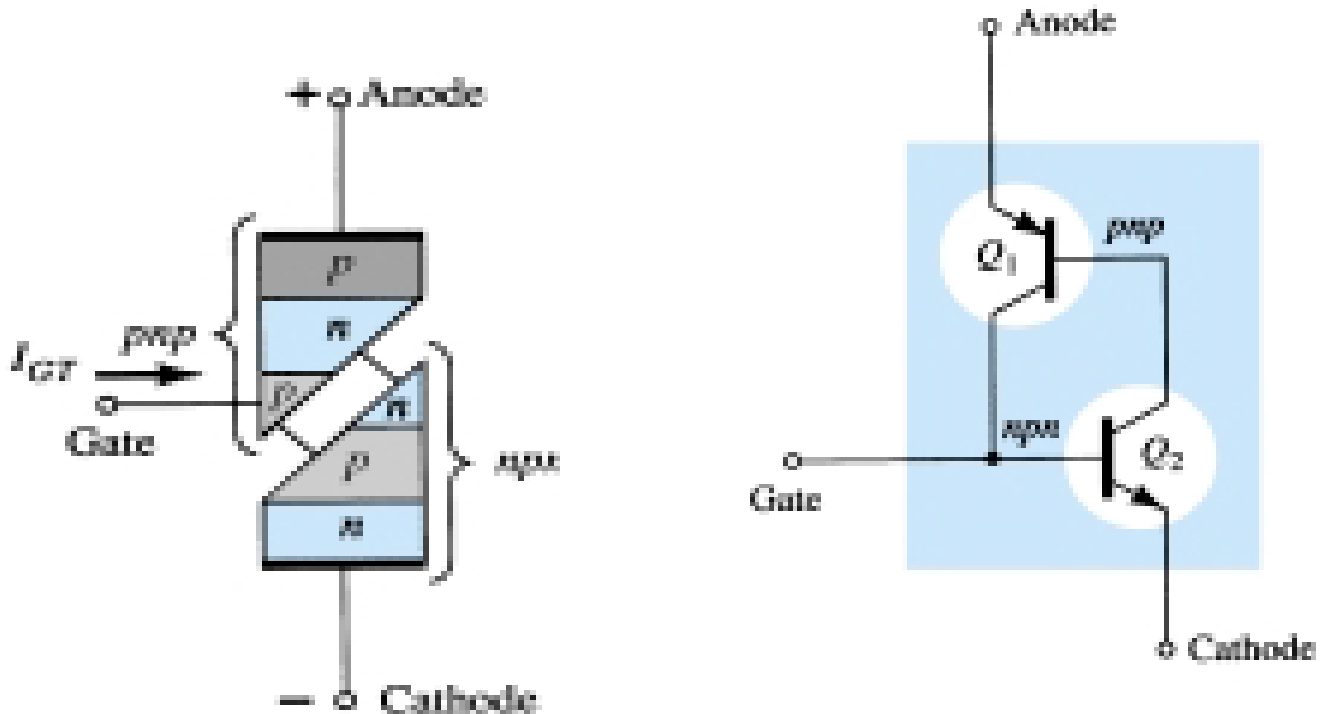


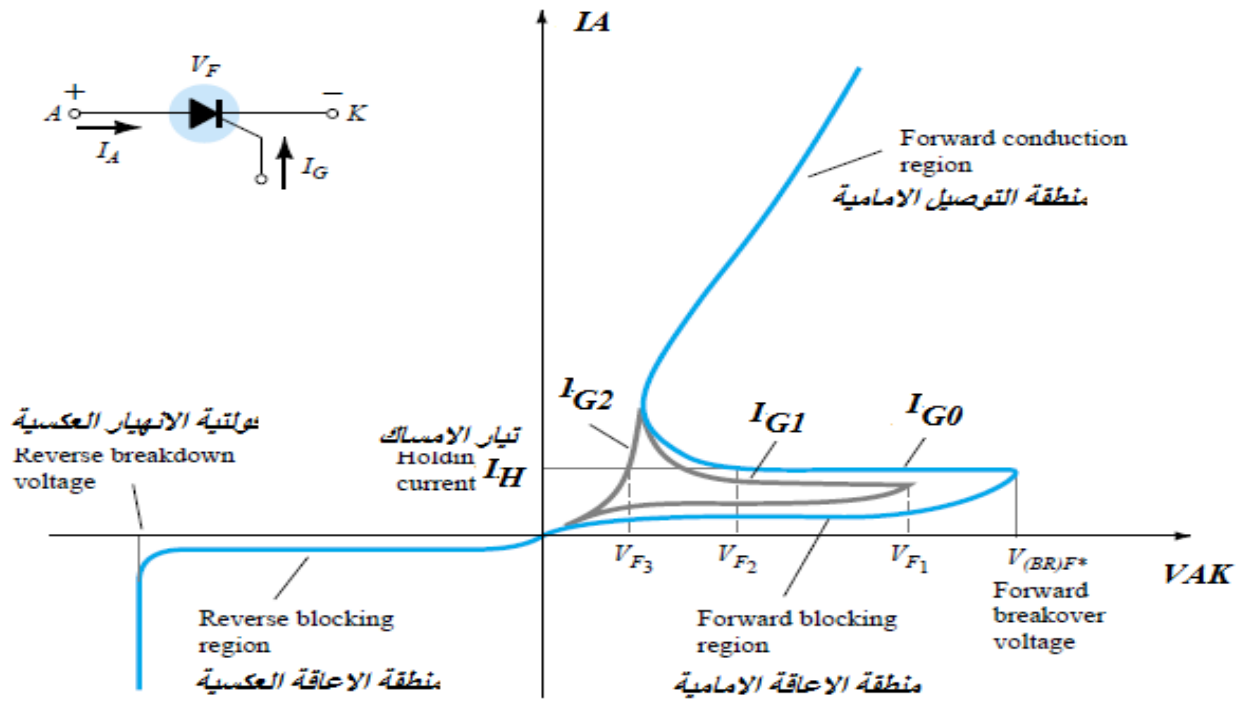
الثايرستور (المقوم السلكوني المتحكم) Silicon- Controlled Rectifier(SCR)

يعد المقوم السيلكوني المحكوم (Silicon-Controlled Rectifier) ويشار إليه بالأحرف (SCR) من أهم عناصر عائلة الثايرستور، وتعود أهميته لكونه يتحمل مرور تيارات عالية؛ مما ساعد على انتشار تطبيقاته، ويكافئ مفتاح ثلاثي الأطراف أحادي الاتجاه (المصعد والمهبط والبوابة) يمرر التيار الكهربائي في اتجاه واحد من المصعد إلى المهبط، حيث يتم التحكم بتشغيله بواسطة البوابة، وكونه من أهم عناصر العائلة أصبح يشار إليه باسم العائلة (ثايرستور) بحيث عندما يقال ثايرستور يكون المقصود المقوم السيلكوني المحكوم بالبوابة.

تركيب الثايرستور

يتكون الثايرستور من أربع طبقات من شرائح شبه موصلة كما في الشكل (A) يطلق على الطبقة الموجبة P1 طبقة المصعد، وتتصل بطرف توصيل خارجي يسمى المصعد (Anode) وعلى الطبقة السالبة N1 التي تليها بطبقة

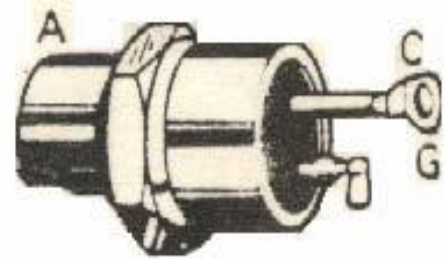




منحني خواص الثايرستور *SCR Chactreistics*



ثايرستورات القدرة المنخفضة



ثايرستورات القدرة
المنوسطة والعالية

طرق قرح الثايرستور SCR Turn - OFF Techniques

يقصد بالقرح نقل الثايرستور من منطقة الاعاقة الأمامي إلى منطقة التوصيل الأمامي، وينتقل الثايرستور إلى منطقة التوصيل الأمامي بإحدى الطرق الآتية:

الحرارة إذا زادت درجة حرارة الثايرستور، فإن تيار التسرب الأمامي يزداد نتيجة توليد أزواج إضافية من الإلكترونات والفجوات، وإذا زاد هذا التيار عن حد معين فإن الثايرستور ينتقل من منطقة الحجز الأمامي إلى منطقة التوصيل الأمامي.

الضوء إذا تعرض الثايرستور للضوء، فإن تيار التسرب الأمامي يزداد، نتيجة توليد أزواج إضافية من الإلكترونات والفجوات، وإذا زاد هذا التيار عن حد معين فإن الثايرستور ينتقل من منطقة الحجز الأمامي إلى منطقة التوصيل الأمامي. ويوجد ثايرستورات ضوئية (LASCR) حيث يزود الثايرستور بعدسة تعمل على تركيز الضوء على وصلة البوابة، ويعمل الضوء بدل تيار البوابة على قرح الثايرستور.

زيادة الجهد الأمامي إذا زاد فرق الجهد المطبق بين المصعد والمهبط عن قيمة محددة (جهد الانهيار الأمامي) فإن الثايرستور ينتقل إلى منطقة التوصيل الأمامي.

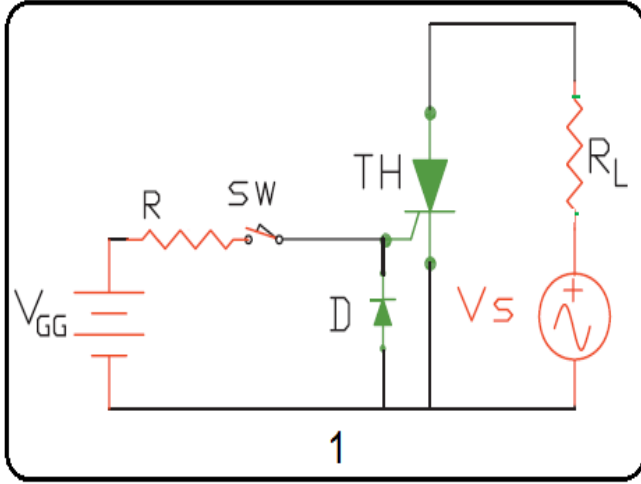
المفاجيء يؤدي إلى مرور تيار من خلال الوصلة J_2 المنحازة عكسيا التي تكافئ مكثفا يعتمد التيار المار فيه على معدل تغير الجهد عليه، فإذا كان معدل التغير كافياً فإن الثايرستور سينتقل إلى منطقة التوصيل الأمامي. ولا تستخدم هذه الطريقة في عملية القرح.

البوابة تعدّ عملية القرح بالبوابة من أهم طرق القرح وأكثرها استعمالاً، وتهدف عملية القرح إلى حقن كمية كافية من التيار إلى طرف البوابة، تعمل على تحيز الوصلة J_2 أمامياً، وبالتالي تحويل الثايرستور إلى حالة التوصيل، ولتتم عملية القرح وجب توفر الشرطين الآتين:

١. أن يكون جهد المصعد موجباً بالنسبة للمهبط.
٢. توفر نبضة قرح موجبة مناسبة على بوابة الثايرستور.

طرق قذح الثايرستور عن طريق البوابة

اولاً: القذح بالتيار المستمر :

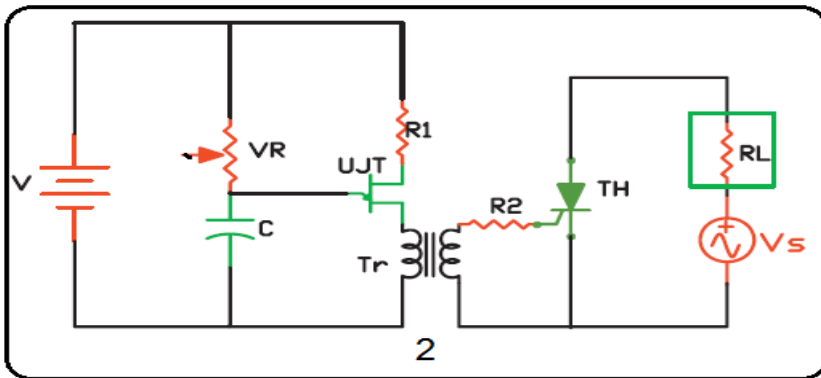


يبين الشكل (1) دائرة لقذح الثايرستور، حيث تتكون الدائرة من مصدر للتيار المستمر، مقاومة ومفتاح لوصلة دائرة البوابة أو لفصلها، ففي النصف الموجب لمصدر تغذية الحمل وعند إغلاق المفتاح توصل البوابة بجهد موجب؛ مما يؤدي إلى قذح الثايرستور، وبالتالي مرور تيار في الحمل، أما في النصف السالب فيتوقف

الثايرستور عن التوصيل؛ لأن الشائي (D) يوصل لحماية وصلة البوابة من الجهد العكسي

ثانياً: القذح بالنبضات

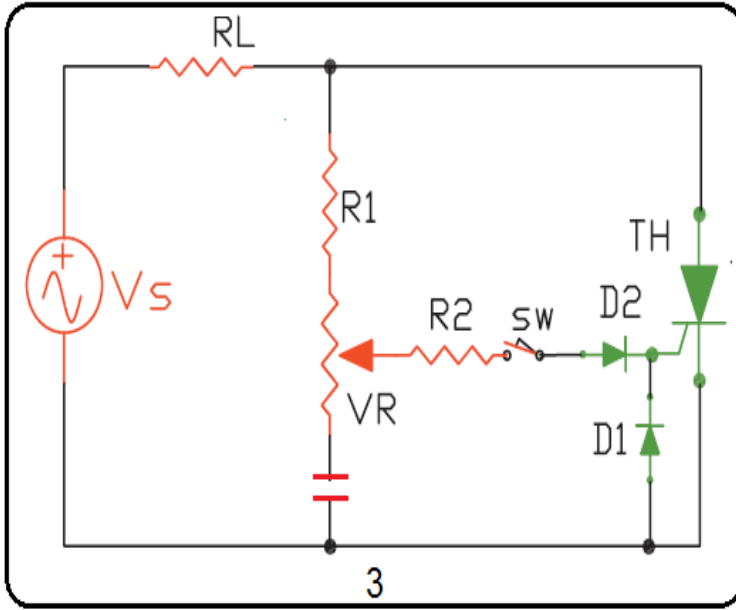
حيث يتم قذح الثايرستور بواسطة نبضة أو مجموعة من النبضات، حيث يتم الحصول على النبضات بواسطة دائرة القذح، وهي عبارة عن مذبذب متعدد الاهتزاز يسمح بالتحكم بتردد نبضة القذح وعرضها، ومن ميزات هذه الطريقة تقليل القدرة المبددة في دائرة البوابة، بالإضافة إلى إمكانية عزل دائرة البوابة عن دائرة الحمل كما في الشكل (2).



زاوية القذح

أو زاوية الإشعال تعرف بزاوية تأخير تطبيق نبضة القذح على البوابة بالنسبة إلى اللحظة التي يتحول فيها الثايرستور إلى حالة التوصيل الأمامي ويرمز لها بالرمز (α) وتتراوح قيمتها من $0 - 180^\circ$.

ثالثاً: القدح بالتيار المتناوب



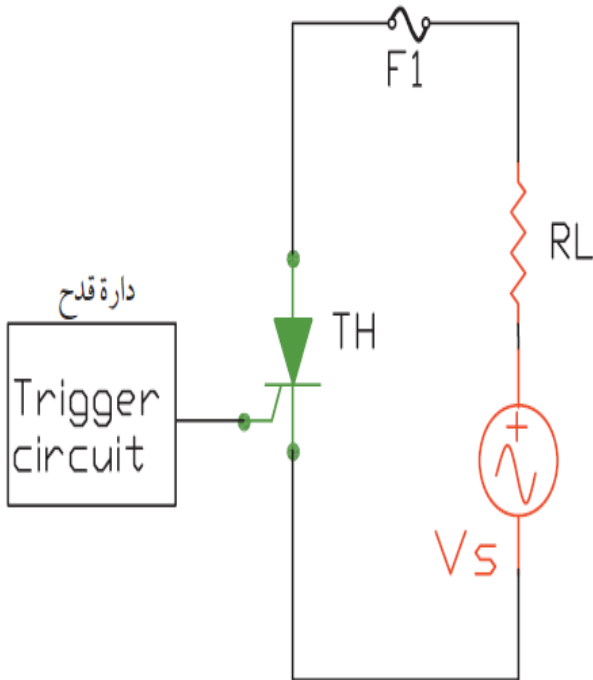
حيث يستعمل نفس مصدر التغذية للحصول على إشارة القدح المناسبة لخدح الثايرستور، حيث يتم تخفيض الجهد المتناوب إلى قيمة مناسبة بواسطة مجموعة من المقاومات. ففي النصف الموجب يتم الحصول على قيمة مخفضة للجهد المتناوب بواسطة مجموعة من المقاومات، ويستعمل الثنائي (D_2) لحجب الجهد السالب عن

البوابة التي تصل متزامنة مع وجود الجهد الموجب على مصعد الثايرستور، حيث يتم الحصول على توصيل تام في النصف الموجب، أما في النصف السالب فإن الثايرستور لا يمرر تياراً، ويبين الشكل (3) إحدى دارات القدح بواسطة التيار المتناوب، وفي مثل هذه الطريقة يمكن التحكم بزاوية القدح لغاية 90 درجة فقط. عن طريق ثابت الزمن ($T = RC$).

تطبيقات الثايرستور

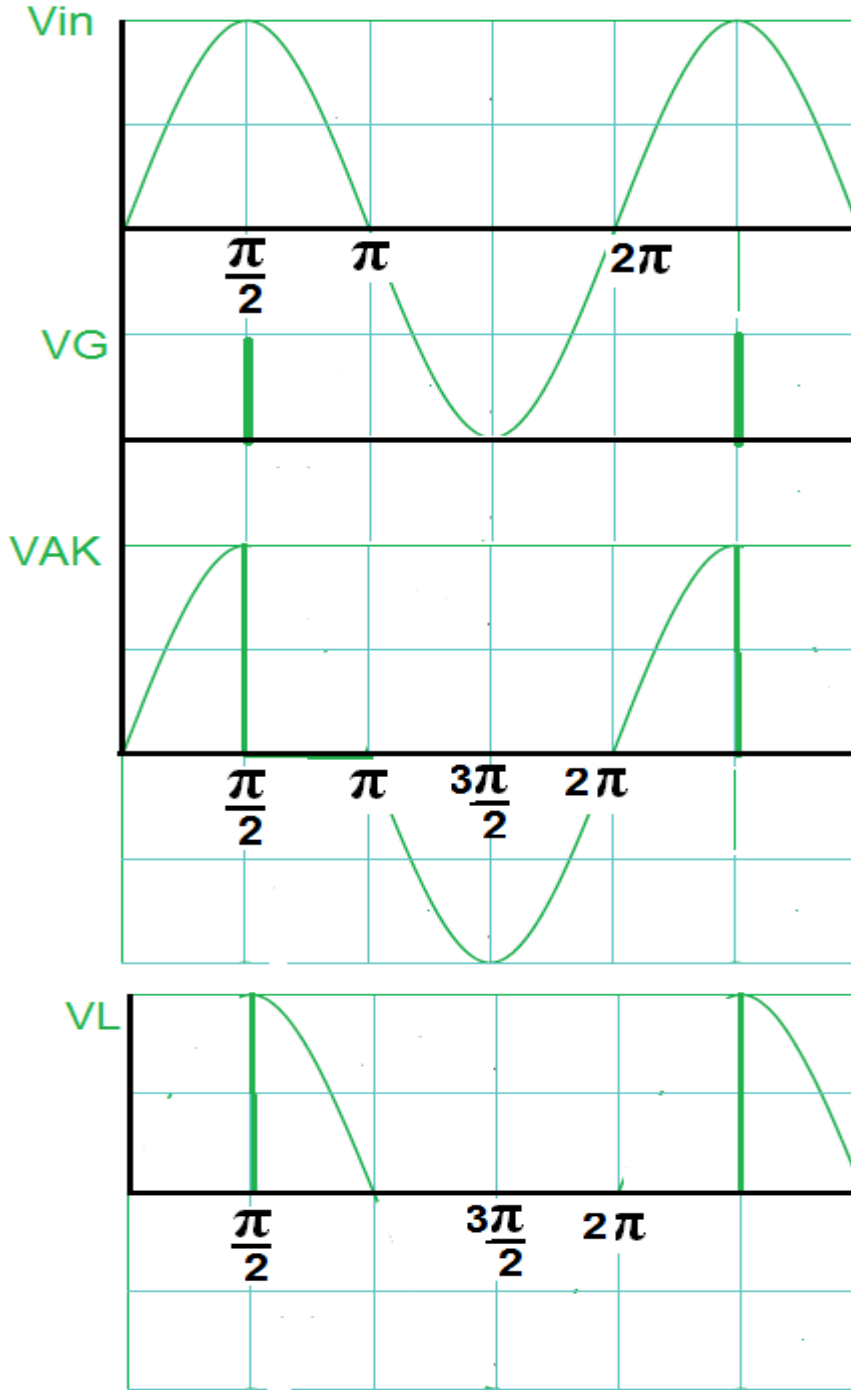
المقومات المحكومة Contral Rectifie

تعدّ المقومات المحكومة من أهم تطبيقات الثايرستور، حيث يمكن بواسطتها الحصول على قيمة متوسطة للجهد (Average Voltage) على طرفي الحمل، ومنها مقومات نصف موجة ومقومات موجة كاملة، وقد تكون أحادية الطور ثلاثية الطور.



مقوم نصف موجة Half Wave Rectifier

يبين الشكل اعلاه دائرة مقوم نصف موجة محكوم باستخدام ثايرستور، وتشبه دائرة مقوم نصف موجة باستخدام الثنائي، في النصف الموجب للمصدر يكون الثايرستور في منطقة الحجز الأمامي، ولا يمر تيار في دائرة الحمل، وعند قدح الثايرستور بزاوية قدح معينة (α) بواسطة دائرة البوابة، يمر تيار في الحمل، ويكون كل الجهد تقريباً على طرفي



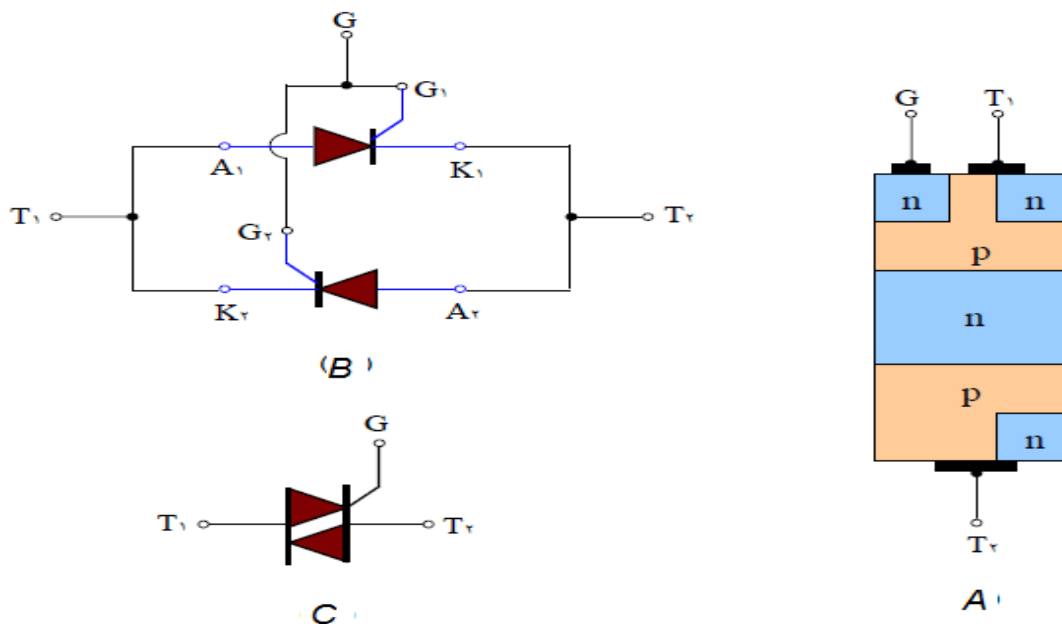
الاشكال الموجية لموحد نصف موجة متحكم _

الترايак Triac

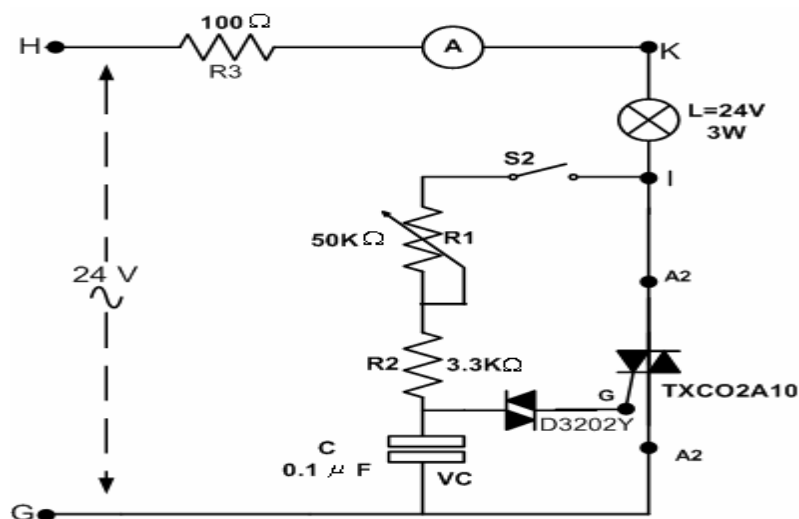
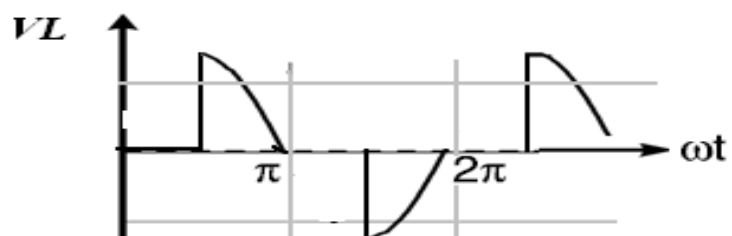
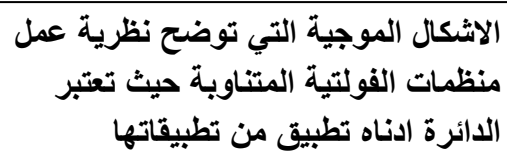
الترايак هو عنصر شبه موصل متعدد الطبقات ويكافئ عدد اثنين ثايرستور موصلين على التوازي وبشكل عكسي، أي أن مصعد الثايرستور الأول موصل إلى مهبط الثايرستور الثاني ومهبط الثايرستور الأول موصل إلى مصعد الثايرستور الثاني كما هو مبين في شكل ادناه يبين نفس الشكل التركيب الطبقي للترايак والرمز الخاص به.

ويمتاز الترايак بأنه يوصل التيار في كل الاتجاهين:

- من الطرف T_1 إلى الطرف T_2 إذا كان جهد T_1 أعلى من جهد T_2 وطبقت إشارة الإشعال بين البوابة G والطرف T_2 .
- من الطرف T_2 إلى الطرف T_1 إذا كان جهد T_2 أعلى من جهد T_1 وطبقت إشارة الإشعال



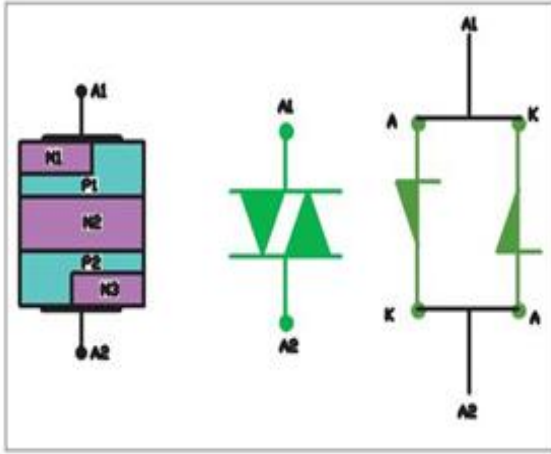
A لتركييب B الدائرة المكافئة (C) الرمز الألكتروني



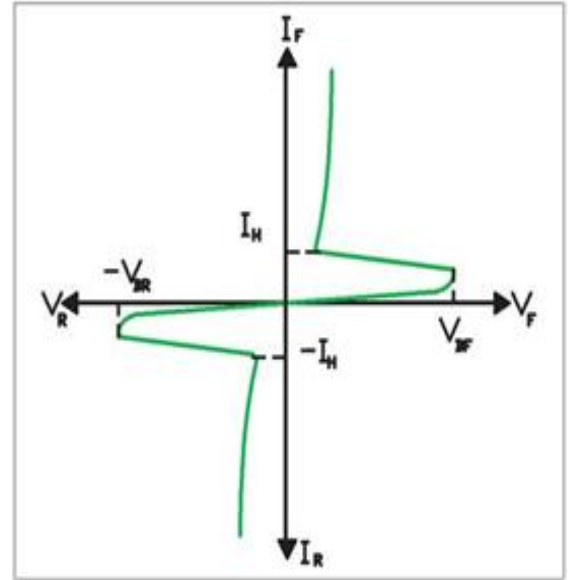
الداياك DIAC

أحد عناصر عائلة الثايرستور، له طرفان متماثلان هما المصعد الأول (A1) والمصعد الثاني (A2)، وهو عبارة عن مفتاح ثنائي الاتجاه يسمح بمرور التيار في اتجاهين متعاكسين، ويكافئ زوجاً من ثنائي شوكلبي موصولين على التوازي وعلى التعاكس،

يوصل الداياك في أي من الاتجاهين عن طريق زيادة الجهد عليه إلى قيمة تتجاوز قيمة جهد الانهيار الأمامي، ومن الجدير بالذكر أن للداياك جهدي انهيار، أحدهما موجب والآخر سالب، ويبين الشكل أدناه منحنى خصائص الداياك.



شكل التركيب البلوري للداياك والرمز



شكل منحنى خواص الداياك

الى اللقاء في السنة القادمة بعد فرة النجاح ان
شاء الله العلي التقدير دعواتي لكم بالنجاح
والموفقية..... والصلاة والسلام على نبينا محمد واهل
الطيبين الطاهرين.....

المهندس حسن عبد الكاظم بجاي